

„Agora é necessário criar em Cabo Verde uma infraestrutura de investigação científica moderna para as questões prementes do futuro.“

Peter Herzig, Presidente do GEOMAR

Prefácio

Arne Körtzinger ¹



A mudança climática global é um facto indiscutível a nível científico que entretanto já se tornou um lugar comum no debate público. Não há mês que passe sem recebermos uma notícia sobre as calamidades climáticas ocorridas em algum lugar da Terra. E quando levamos em conta a nossa própria percepção, nem é preciso procurarmos muito pelas provas da variabilidade do clima. No entanto, o nosso conhecimento actual das complexas interacções climáticas entre atmosfera, hidrosfera e biosfera, nomeadamente no que diz respeito às consequências e potenciais repercussões relacionadas com a mudança do clima, é bastante limitado. Sobretudo no que diz respeito aos trópicos, uma região chave do sistema climático global, na qual o oceano e a atmosfera interagem de forma diversificada e altamente dinâmica. Essa relevância científica dos trópicos contrasta manifestamente com a falta de uma infraestrutura científica e de observações de longo prazo no domínio da investigação oceanográfica e atmosférica. Por essa razão, as instituições apresentadas nesta brochura estão a dedicar-se à investigação científica – algumas delas já há muitos anos – em Cabo Verde e nas águas à sua volta, uma região situada no leste do Atlântico Norte tropical com grande importância a nível científico que possui condições excelentes e comprovadas para servir

de base para a investigação científica. A presente brochura pretende chamar a atenção para a relevância dessa região, mostrar um caleidoscópio da diversidade dos trabalhos de investigação desenvolvidos actualmente, e despertar ainda mais o interesse científico por ela. O desenvolvimento sustentável e o futuro dos observatórios cabo-verdianos, quer do oceanográfico quer do atmosférico, dependerão de forma decisiva de uma infraestrutura científica moderna e flexível no local. Uma melhor compreensão da complexidade do sistema climático constituirá a condição prévia para poder enfrentar de forma adequada as mudanças climáticas globais. Quanto à investigação científica nos trópicos, as instituições envolvidas e apresentadas nesta brochura têm-se posicionado com grande destaque a nível internacional mediante o seu empenho em Cabo Verde. Agora é necessário intensificar essas actividades de investigação e construir uma base nova e sustentável para elas.

¹ GEOMAR, Kiel, Alemanha

Índice

Cabo Verde - Centro de investigação científica. Um laboratório fascinante para oceanógrafos e investigadores da atmosfera	4
<i>Cabo Verde – Um laboratório natural para analisar os gases-traço de acção química relevantes para o clima</i>	6
<i>A interacção entre o oceano e a atmosfera - A importância dos aerossóis naturais para o meio ambiente marinho</i>	8
<i>A interacção entre oceano e deserto</i>	10
<i>O destino evitável da tartaruga comum? Um projecto entre a protecção do meio ambiente e a oceanografia</i>	12
<i>A respiração do mar – Medições autónomas de gás junto das Ilhas de Cabo Verde</i>	14
<i>A interacção de processos físicos e biogeoquímicos de pequena escala à volta das Ilhas de Cabo Verde</i>	16
<i>Observações oceânicas de longo prazo</i>	18
<i>Fixadores marinhos de nitrogénio nas águas do Atlântico Norte tropical pobre em nutrientes</i>	20
<i>Vida na zona abissal do mar – Seres vivos fascinantes nos arquipélagos tropicais</i>	22
<i>Montes submarinos – Vulcanismo no mar profundo à volta do arquipélago de Cabo Verde</i>	24
<i>Instituições participantes</i>	26
Projectos e expedições no Atlântico Tropical	28
Ciência e logística em Cabo Verde - O parceiro local INDP	29
Transferência de competência e ciência	30
Contactos e impressum	31

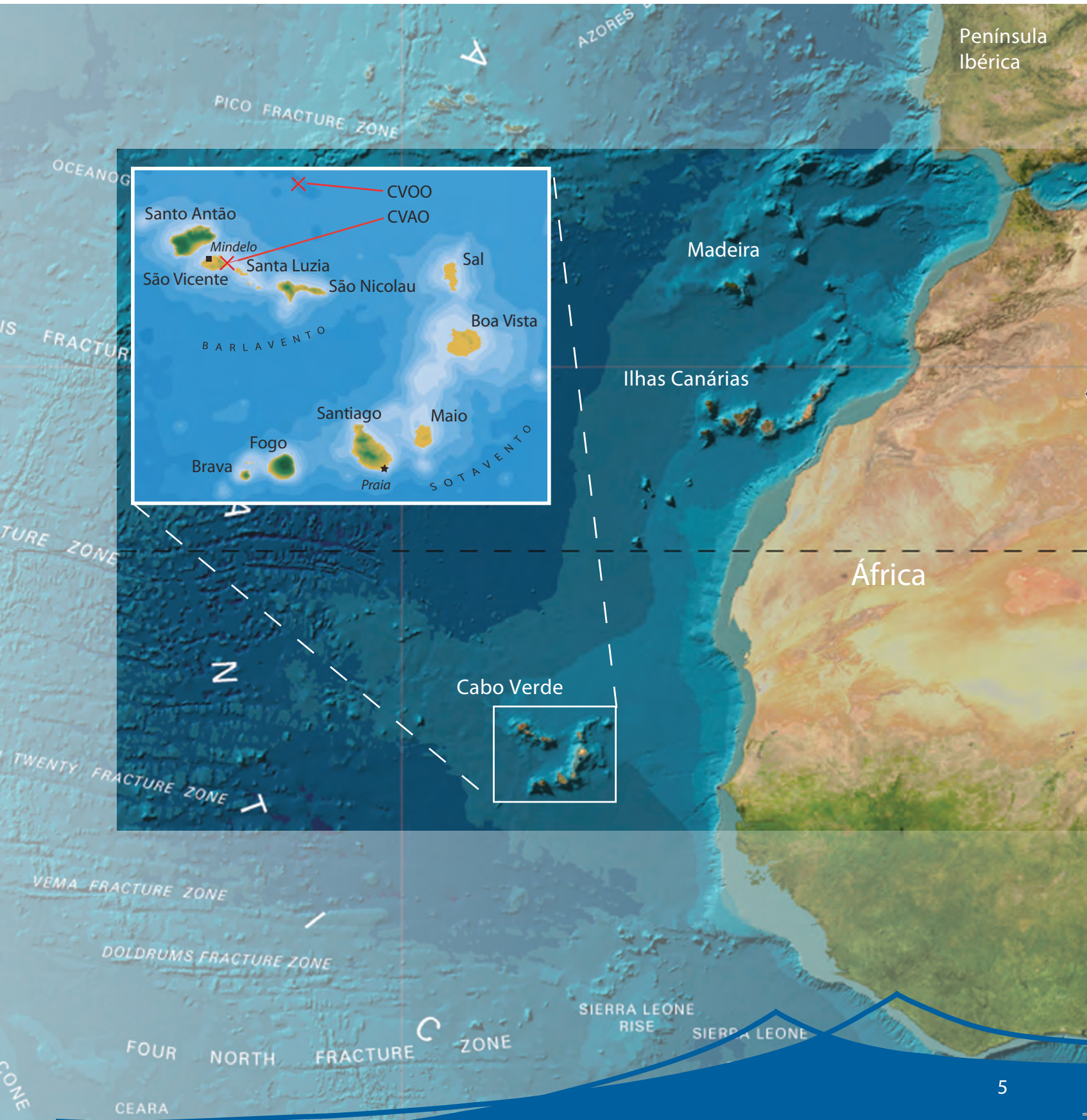


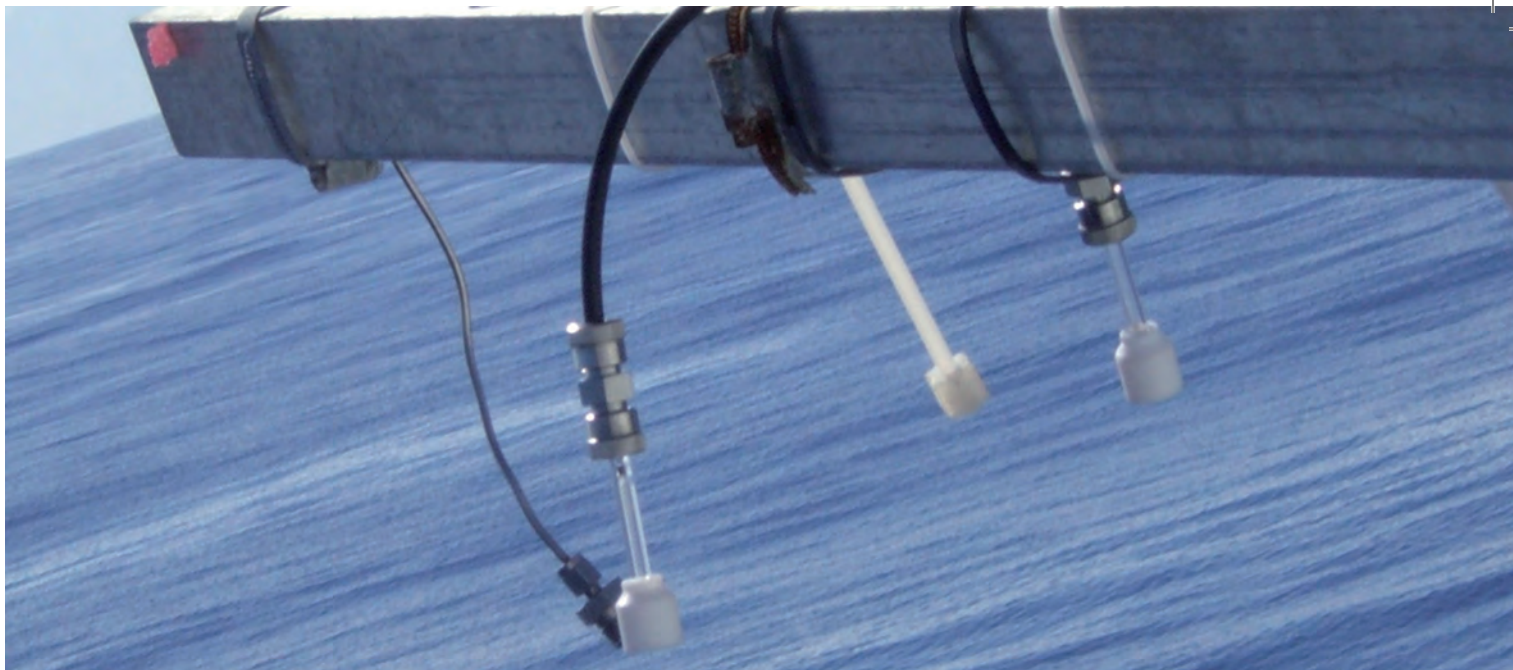
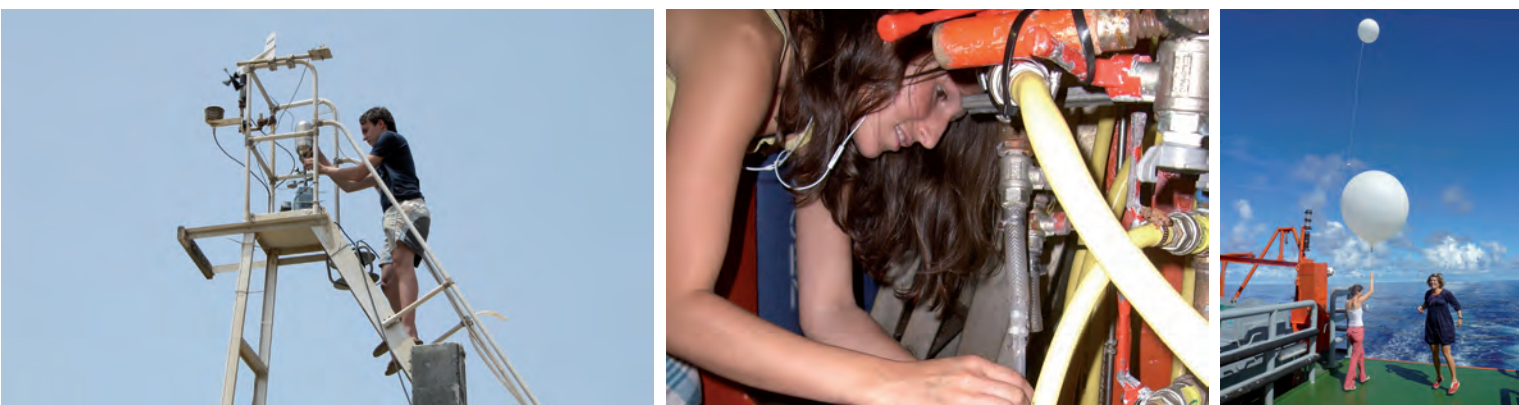
Cabo Verde – Centro de investigação científica: Um laboratório fascinante para oceanógrafos e investigadores da atmosfera

Arne Körtzinger

Os trópicos constituem uma máquina meteorológica gigante, capaz de produzir temporais de alta potência, ciclones tropicais, monções com precipitações abundantes e oscilações climáticas proeminentes como El Niño, desempenhando, na maioria dos casos, o oceano um papel-chave. As oscilações a longo prazo das monções africanas, por exemplo, e por conseguinte das precipitações de importância vital para a África Ocidental, estão relacionadas, em primeiro lugar, com as variações da temperatura superficial do Atlântico tropical. Por outro lado, devido à alta convecção troposférica, as emissões de gases-traço halogenados no Atlântico tropical podem chegar depressa à estratosfera, onde desempenham um papel activo na destruição da camada de ozono natural. Ao contrário, mediante a deposição de grandes quantidades de poeira do Saara no Atlântico Norte, a atmosfera exerce um impacto importante e directo sobre a bioquímica, e portanto sobre a produtividade biológica do mar. Mas também no oceano estão a desenvolver-se importantes processos. O sistema de upwelling da costa ocidental da África, por exemplo, alimenta um grande ecossistema marinho que conta entre os mais produtivos, diversificados e economicamente importantes em todo o mundo – um papel que é reforçado pelo aporte dos elementos ferro e fósforo através da poeira proveniente da atmosfera. No interior do oceano existe uma camada com quantidades naturais mínimas de oxigénio dissolvido, embora no Atlântico (ainda) não seja tão acentuada como no Pacífico e no Índico, mas que nas últimas décadas tem mostrado tendências de expansão, como demonstram estudos oceanográficos feitos em Kiel. As consequências – quer bioquímicas, quer ecológicas e não por último socio-económicas – até a data não podem ser estimadas. Finalmente, a região também é considerada de grande interesse do ponto de vista geocientífico devido à sua localização, já que se encontra num denominado “ponto quente” (hotspot), possuindo por conseguinte um vulcanismo activo, especialmente nos fundos marinhos a volta das ilhas situadas a Oes-

te. Nessas zonas estão a nascer montes submarinos – futuras ilhas de Cabo Verde. Pela primeira vez, trabalhos recentes documentaram a existência de vulcanismo explosivo no oceano profundo. A região, como demonstram os exemplos acima mencionados, possui uma concentração notável de temas de grande relevância científica e de extrema actualidade que envolvem todas as disciplinas marinhas. Para poder enfrentar esses temas prementes, a oceanografia moderna precisa de parceiros e infraestruturas fiáveis no local. As condições para isso são ideais. Cabo Verde é um estado política e socialmente estável, muito exigente no domínio da educação e muito dedicado aos seus interesses marítimos. O desenvolvimento do país está a progredir a passos largos, constituindo o mar em todos os seus aspectos uma das preocupações centrais. Na área da oceanografia e da educação universitária, o país não pode prescindir de parceiros e de uma rede de contactos internacionais. A cooperação entre Alemanha e Cabo Verde, que neste domínio remonta ao ano de 2004, tendo sido consolidada em 2008 pela celebração de um contrato de cooperação entre o Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas de Cabo Verde e o Instituto Leibniz de Oceanografia de Kiel, tem-se mostrado eficiente e representa uma base ideal para ser ampliada. O próximo passo rumo a uma sustentabilidade e maior visibilidade internacional será o desenvolvimento de infraestruturas adequadas e de uma rede de instituições científicas e académicas de ambos os lados. Esta brochura tem como objectivo chamar a atenção para a relevância extrema da agenda de investigação oceanográfica e atmosférica no leste do Atlântico Norte tropical e promover a criação de infraestruturas de investigação de longo prazo em Cabo Verde. As seguintes páginas oferecem um caleidoscópio de apenas alguns dos temas de investigação actuais que não pretendem mais do que ilustrar a amplitude e importância dos temas e incentivar a curiosidade do leitor.





Tubos com bombas nas pontas para a recolha de amostras de ar.

Cabo Verde – Um laboratório natural para analisar os gases-traço de acção química relevantes para o clima

Birgit Quack¹, Douglas W.R. Wallace², Christa Marandino¹

A composição química da atmosfera encontra-se em um processo de alteração fundamental. Enquanto que no contexto da mudança do clima são sobretudo as concentrações dos gases de estufa, como o dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso, e o seu crescente aumento que estão a ser discutidas, existe uma variedade de gases-traço naturais que influenciam a química da atmosfera. Esses gases normalmente têm um reduzido tempo de vida na atmosfera, mas os seus impactos regionais podem ter consequências globais. Processos muitas vezes desconhecidos que se desenvolvem na superfície do oceano, determinam a penetração desses gases na atmosfera, influenciando dessa maneira a composição química da atmosfera e o clima. Fazem parte desses gases os gases halogéneos (como por exemplo o bromofórmio e os compostos de organoiodo), os compostos organossulfurosos (por exemplo a acetona e o metanol) e os compostos orgânicos de oxigénio (por exemplo acetona e metanol), sendo todos eles voláteis. Os seus efeitos vão desde a influência na formação das nuvens e no balanço de radiação, através da formação de aerossóis orgânicos, passando por efeitos na capacidade de auto-purificação da atmosfera, até à decomposição do ozono na troposfera e estratosfera.

A atmosfera tropical tem especial importância para as alterações químicas globais da atmosfera. É aqui que se encontram as taxas mais elevadas de produção do radical de hidroxilo (OH), o responsável essencial pela decomposição dos gases-traço naturais e antropogénicos na atmosfera. Também o ozono é formado predominantemente na estratosfera tropical, sendo transportado pela circulação em grande escala para os polos ártico e antárctico, onde desce nas re-

giões de alta latitude. A maior parte dos gases-traço de longo e curto tempo de vida entram na estratosfera nos trópicos, seguindo o mesmo caminho de transporte e descendo por fim nas regiões de média e alta latitude. Os processos oceânicos nos trópicos têm, por conseguinte, influência na composição química de toda a atmosfera.

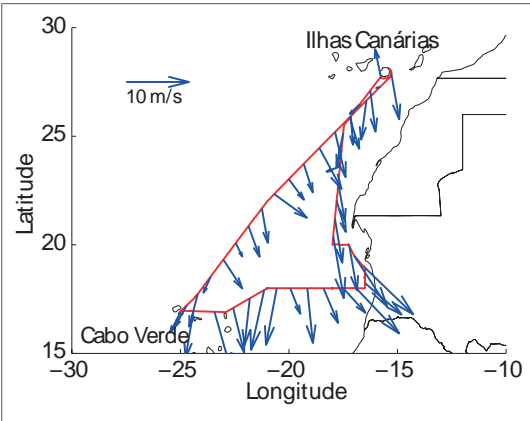
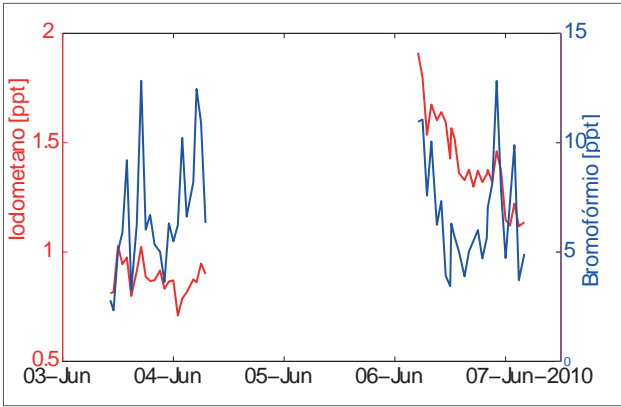
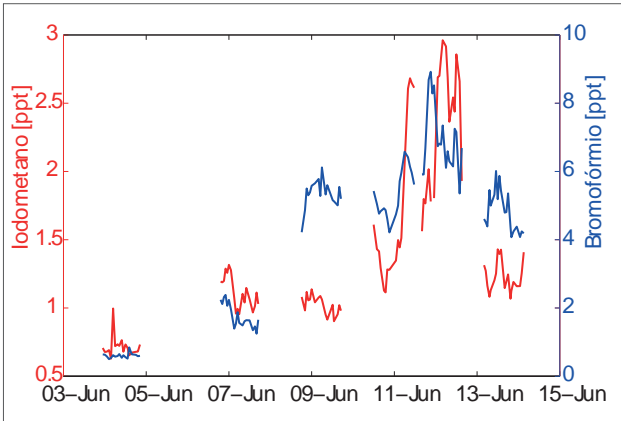
É possível que as alterações da superfície do oceano nos trópicos a nível da física, da química e da biologia, como por exemplo o aquecimento e a acidificação do oceano, impulsionadas pelo clima, tenham influência na emissão de gases-traço nas regiões tropicais críticas. Até ao presente, as nossas possibilidades de

quantificar e prognosticar os efeitos são muito reduzidas, visto que para muitos compostos falta um conhecimento aprofundado das fontes e sedimentações marinhas. Apesar de estudos de laboratório bem sucedidos que revelaram os caminhos da produção dos hidrocarbonetos halogenados, em grande parte ainda está por esclarecer o significado desses caminhos de formação na natureza. Por isso, os processos e taxas deviam ser analisados sob condições naturais, fazendo parte disso tanto os mecanismos de produção e decomposição biótica e abiótica, como também a troca de gases entre o oceano e a atmosfera. É particularmente importante entender as reacções foto-químicas e químicas e os processos biológicos que se desenvolvem na

água, nos organismos, nas partículas e na camada superficial do mar.

O oceano tropical é uma região extraordinária, devido às altas temperaturas da água superficial e aos processos foto-químicos especialmente intensos que nele se desenvolvem. A presença de organismos específicos e de compostos orgânicos dissolvidos fomenta a produção e emissão de muitos gases-traço. Por isso, é imprescindível estudar os processos no local, em vez de extrapolar os estudos desenvolvidos em laboratórios ou em outras regiões para as condições existentes nos trópicos. No entanto, nos trópicos existe uma grande falta de laboratórios, em comparação com as regiões de média e alta latitude. Por isso, as Ilhas de Cabo Verde possuem um potencial único para servir de laboratório tropical natural em matéria de estudos marinhos e atmosféricos dos importantes gases-traço.

¹ GEOMAR, Kiel, Alemanha
² HMRI, Halifax Marine Research Institute, Canadá



Concentrações de dois compostos organohalogénicos, o bromofórmio e o iodometano, sobre o Atlântico tropical, a nordeste de Cabo Verde, durante a viagem P399/2 do N/O Poseidon (Las Palmas – Las Palmas), em Junho de 2010. Gráfico do lado esquerdo, em cima: Variações diárias das concentrações atmosféricas de bromofórmio (linha azul) e iodometano (linha encarnada). Gráfico do lado esquerdo, em baixo: Variações ao longo do dia das concentrações atmosféricas de bromofórmio (linha azul) e iodometano (linha encarnada) junto do Observatório Atmosférico de Cabo Verde (CVAO). Gráfico em cima: Trajecto (linha encarnada) do N/O Poseidon em Junho de 2010. As setas azuis representam a direcção e a velocidade do vento junto dos pontos de recolha de amostras de ar.



CVAO – O Observatório Atmosférico no Calhau, em São Vicente, a 16° 51'49 N, 24° 52'02 W.

A interacção entre oceano e atmosfera – A importância dos aerossóis naturais para o meio ambiente marinho

C. Müller¹, K.W. Fomba¹, K. Müller¹, M. van Pinxteren¹, N. Niedermeier¹, T. Müller¹, A. Held¹, I. Tegen¹, A. Wiedensohler¹, H. Herrmann¹

Devido à grande extensão da superfície de contacto entre oceano e atmosfera, as interacções entre os dois têm um papel importante para o clima na Terra e o seu desenvolvimento futuro. Neste contexto, os aerossóis naturais, partículas minúsculas suspensas na atmosfera, têm um papel especial, uma vez que exercem efeitos múltiplos sobre o clima. As partículas dos aerossóis têm influência tanto directa como indirecta no balanço de radiação da Terra, através da absorção e reflexão da radiação solar incidente na superfície das partículas e das nuvens (figura 1). A interacção entre as partículas e a radiação é marcada de forma decisiva pelas suas qualidades físico-químicas, que por sua parte dependem do processo de formação e de envelhecimento das partículas. Para se estimar o significado dos aerossóis marinhos em relação ao clima global, é necessário conhecer tanto a sua composição química como também as suas propriedades micro-físicas e ópticas.

Apesar da intensa investigação já realizada, pouco sabemos até hoje sobre a composição exacta dos aerossóis. Para além da análise da sua composição química e das propriedades micro-físicas e ópticas, as investigações realizadas no Observatório Atmosférico de Cabo Verde (CVAO), também têm como objectivo tentar entender tanto a origem como os processos de formação e de transporte das partículas dos aerossóis marinhos. A localização geográfica do observatório e as diferentes correntes de massas de ar que passam por

ele, provenientes do alto mar e do continente africano, faz com que seja o sítio ideal para estudar os diferentes tipos de aerossol marinho natural. Nas imediações das Ilhas de Cabo Verde, observam-se essencialmente três tipos de aerossóis: O sal primário formado pela emissão de compostos do mar (a), o aerossol marinho secundário formado da fase gasosa (b) e o aerossol de poeira mineral e da incineração de biomassa trazida por transporte (c) (figura 1).

Com base em estudos realizados no passado, sabe-se que os aerossóis marinhos primários e secundários consistem predominantemente em sais anorgânicos, como o cloreto de sódio e o sulfato de amónio. Nas partículas dos aerossóis existe, além disso uma grande percentagem de material orgânico. É sobretudo nas micro-partículas com um diâmetro inferior a 0,1 µm que aproximadamente metade da sua massa consiste em carbono (figura 2). O carbono por sua parte é formado em 20 a 40 % por compostos hidrossolúveis, enquanto os restantes 60 a 80 % ainda não foram identificados até ao presente. Nas partículas maiores de 0,1 µm, pode-se observar, além disso, que as suas propriedades micro-físicas não correspondem às características das partículas de sal marinho puro. Isso permite concluir que também nessas partículas ocorre um depósito de material orgânico. A composição das partículas pode variar muito, dependendo dos parâmetros regionais, assim como das estações do ano e da composição das águas da superfície do mar. Estudos de campo revelaram que a quota-parte dos compostos orgânicos, nomeadamente nas partículas pequenas, está estreitamente relacionada com a actividade biológica das águas do mar.

Até hoje, também pouco sabemos sobre a composição química das partículas de poeira transportadas do continente africano para as Ilhas de Cabo Verde. As regiões de origem e os caminhos de transporte da poeira do deserto do Saara estão a ser analisados com ajuda de modelizações do transporte regional de aerossóis. Uma vez que as fontes da poeira se encontram sobretudo nos desertos norte-africanos, presume-se uma composição química comparável à da poeira do deserto. No entanto, a composição e as propriedades das partículas mudam com os processos atmosférico-químicos aos quais estão sujeitas durante o transporte. O gráfico da figura 2b mostra a composição das partículas dos aerossóis de origem predominantemente continental, com especificação das grandezas. À diferença das partículas de carácter marinho (figura 2a), pode-se verificar uma maior percentagem de poeira sobretudo nas partículas maiores de 1µm. A concentração de poeira do aerossol total é analisada por meio de espectroscopia de absorção. Análises químicas pormenorizadas das partículas de poeira fornecerão tanto informações importantes sobre a composição metálica da crosta planetária da Terra como também sobre a formação foto-química dos compostos de ferro bivalentes e trivalentes durante o transporte. Juntamente com os resultados da modelização regional, esclarecerão além disso sobre as quantidades de poeira que se depositam no Atlântico. Em particular por altura da fase activa do vento Harmatão, proveniente do deserto, isto é, de Outubro até Maio, grandes quantidades de poeira são transportadas do Saara para a camada limite marinha. É prioritariamente nessas fases

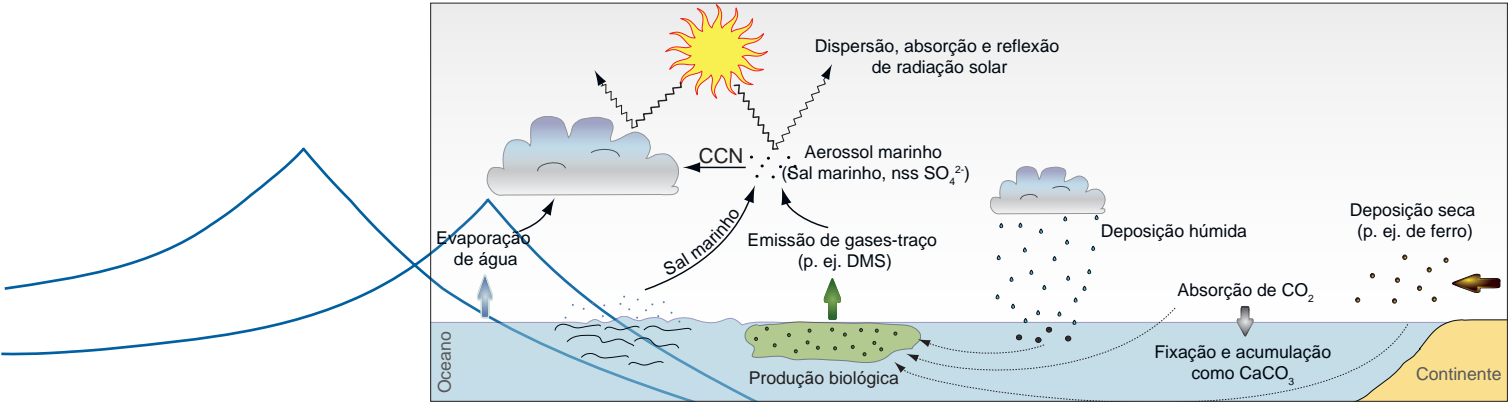


Figura 1: A relevância para o clima do aerossol marinho na atmosfera interactiva do oceano.

que a poeira mineral se deposita no Atlântico via depósito seco (figura 3). Uma vez que com a poeira chegam a depositar-se no mar nutrientes vegetais como o ferro e o fósforo, as investigações são de grande importância para a biogeoquímica marinha.

¹ IFT, Leipzig, Alemanha

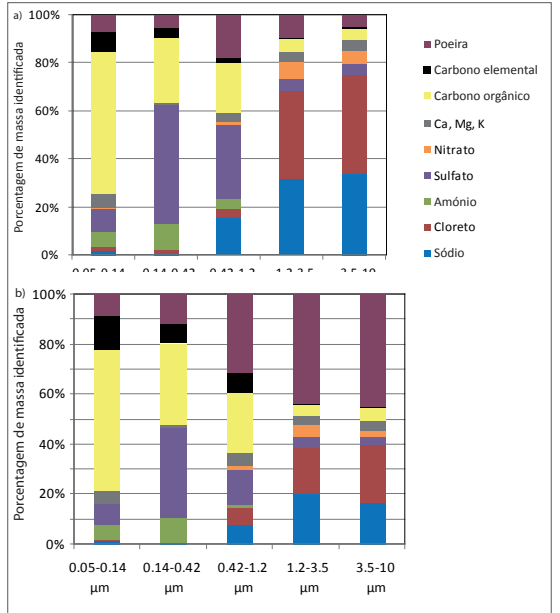


Figura 2: Composição das partículas de aerossol de diferentes áreas de grandeza a) de partículas predominantemente marinhas e b) de partículas predominantemente continentais, na ilha de São Vicente na primavera de 2007.

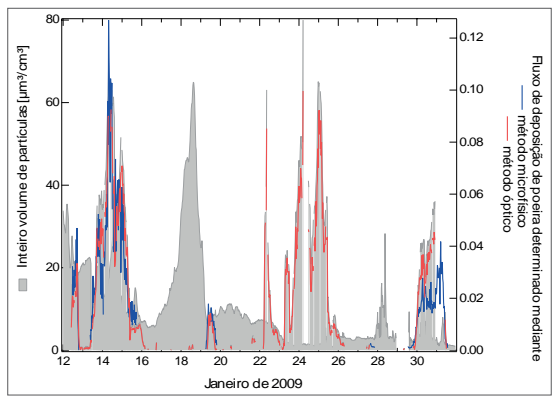
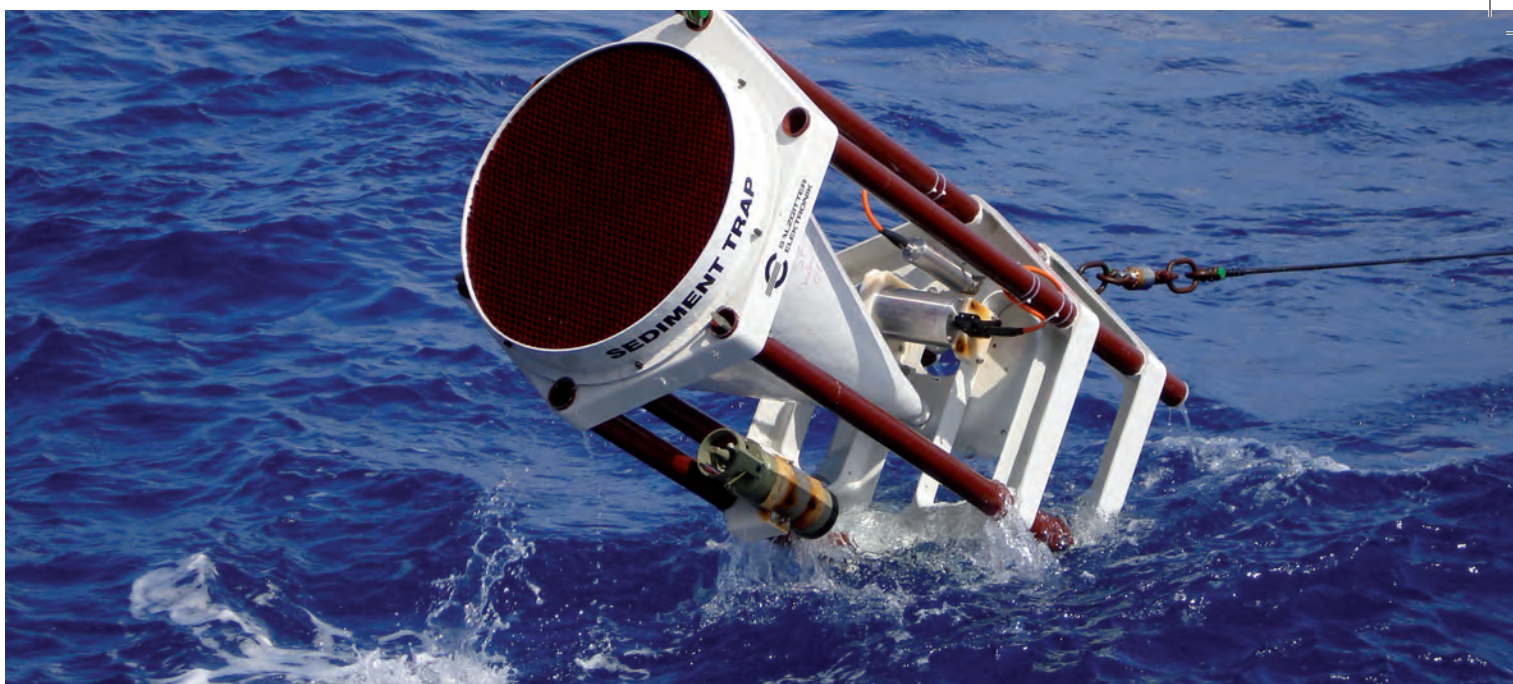


Figura 3: Séries temporais do fluxo de deposição de poeira (analisadas segundo dois métodos diferentes), e volume total das partículas.



Recolhimento de um colectores de sedimentos destinado a colher partículas na coluna de água, como por exemplo partículas de poeira do Sáara.

A interacção entre oceano e deserto

Juliane Brust¹, Joanna Waniek¹, Gerhard Fischer²

Importantes macro e micronutrientes como o nitrogénio e o fósforo, mas também o ferro, o cobre e o zinco, são levados para regiões oceânicas distantes, através do transporte eólico de poeira mineral. A poeira mineral transportada pelo vento actua de duas maneiras sobre o fluxo vertical das partículas no oceano. Por um lado, ela pode estimular a produção primária através dos nutrientes que são disponibilizados, por outro lado também pode servir de “lastro”, puxando as partículas orgânicas, e com elas também o carbono, para as profundezas, afastando-as dessa forma da superfície do oceano. A poeira mineral é mobilizada pelos sistemas eólicos predominantes nas áreas áridas e semi-áridas dos continentes, podendo ser transportada em grandes altitudes para muito longe. Mais de um quarto da poeira mineral deposita-se nos oceanos, sendo o norte da África a região mais importante na produção de poeira a nível global, e responsável por dois terços de toda a mobilização de poeira na Terra. A região leste do Atlân-

tico Norte está directamente sujeita à influência dessas irrupções de poeira norte-africanas. A poeira da África setentrional é transportada pela camada de ar do Sáara (Saharan Air Layer) e pelos ventos alísios predominantes por cima do Atlântico Norte para regiões distantes a Oeste, alcançando até as regiões das Caraíbas e do Norte e Sul das Américas. A distribuição máxima da nuvem de poeira africana, normalmente confinada a 5° e 30°N, depende da posição da Zona de Convergência Intertropical. Para entender a reacção da produção primária marinha à deposição de poeira, estão a ser desenvolvidos estudos contínuos que se baseiam tanto em viagens de pesquisa realizadas regularmente, como também em ancoradouros (mooring) acompanhados de colectores de sedimentos explorados a longo prazo.

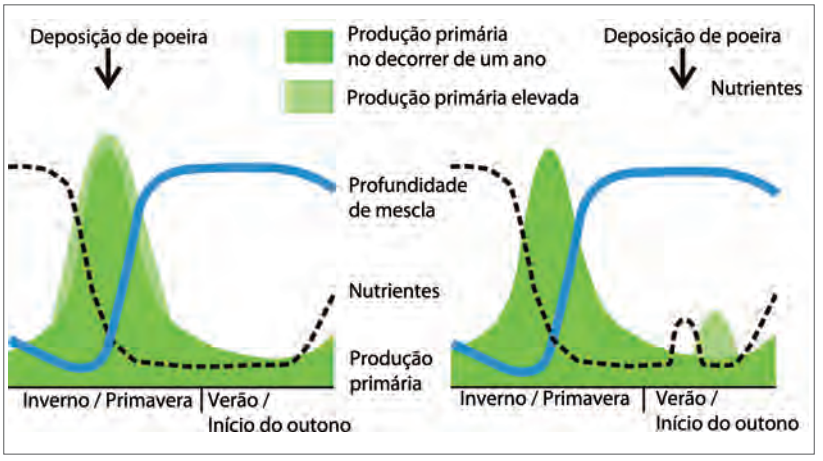
Os sedimentos recolhidos no colector ancorado na bacia da Madeira a 2000 metros de profundidade (Kiel 276: 33°N, 22°W, figura em baixo) provam a variabilidade da poeira proveniente do Norte da África e o acoplamento cronológico entre as ocorrências de poeira e o fluxo de partículas litogénicas, fornecendo indícios de possíveis influências exercidas pela poeira transportada pelo vento no ecossistema da zona eufótica dos oceanos. A mineralogia das partículas indica uma variabilidade interanual das regiões de origem no continente africano, enquanto que até ao presente não foram provadas quaisquer alterações sazonais. Com base em um teor de ferro elementar

nas amostras tiradas dos colectores de sedimentos, foi possível verificar um potencial aumento da produção primária em 20 %. Além disso, a comparação dos dados fornecidos por satélite com os fluxos biogénicos e litogénicos em 2000 metros de profundidade indica um possível acoplamento entre o aumento da produção primária e a deposição de poeira. Neste contexto, as alterações da produção primária são mais patentes nos meses em que não se verifica um forte afloramento sazonal de fitoplâncton. No leste do Atlântico Norte subtropical, são esses os meses de verão (vide gráfico ao lado). Também nas Ilhas de Cabo Verde, um estudo realizado com base em dados fornecidos por satélite conseguiu provar que a causa da elevada produção primária está na ocorrência pontual de deposição de poeira.

Na região das Ilhas de Cabo Verde, as irrupções de poeira são muito mais frequentes do que sobre a bacia da Madeira. Nos próximos anos, as actividades concentrar-se-ão na confrontação dessas duas áreas de investigação. A comparação dos padrões observados no Kiel 276 e no observatório oceânico cabo-verdiano (CVOO, gráfico do lado esquerdo) – ambos situados em regiões pobres em nutrientes com baixa bioprodutividade – fornecerá novos conhecimentos sobre a biogeoquímica regional e a interacção entre oceano e atmosfera. Também a comparação com outras bóias oceânicas instaladas a longo prazo na região de afloramento, mais rica em nutrientes, em frente ao Cabo Branco na Mauritânia, é de grande interesse neste contexto.

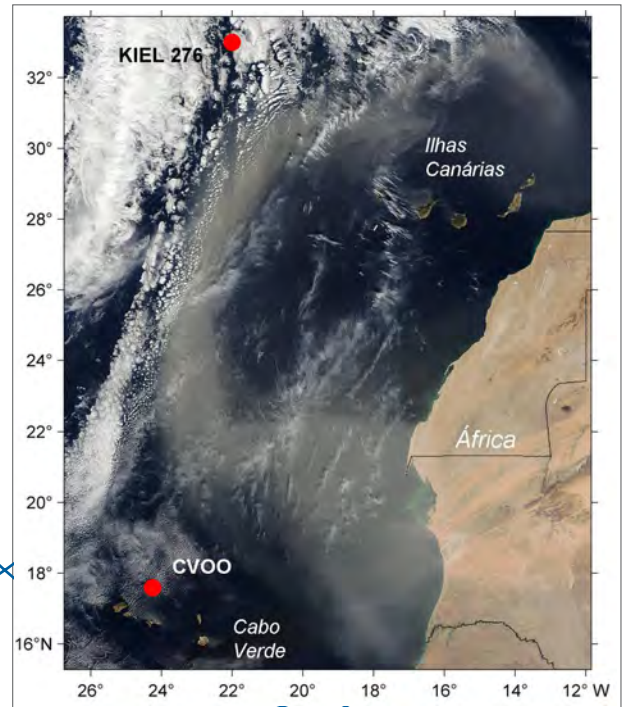
Tais investigações são importantes porque o oceano é responsável por aproximadamente 50 % da produção primária global e da fixação do carbono correspondente. No entanto, mais de 90 % do carbono fixado nos primeiros 100 metros debaixo da camada superficial são remineralizados e reconduzidos para as substâncias inorgânicas originais, mas apenas 0,4 % chegam

ao sedimento marinho. Mesmo assim, o oceano é importante para a sedimentação do carbono em termos da escala de tempo geológico. Uma produção primária elevada devido à presença de importantes nutrientes nas águas superficiais do mar, ou uma aceleração do transporte do material orgânico morto em direcção ao fundo oceânico, podem intensificar a “bomba biológica de carbono”, levando a uma intensificação da exportação de carbono nos sedimentos.



Potenciais efeitos da deposição de poeira mineral sobre os organismos fotossintéticos activos da zona eufótica no leste do Atlântico Norte subtropical na época inverno/ primavera (à esquerda) e na época verão/ outono (à direita). Há provas de que o aumento da produção primária induzido pela deposição de poeira é mais nítido nos meses de verão, quando as águas superficiais apresentam um teor de nutrientes reduzido.

¹ IOW, Rostock-Warnemünde, Alemanha
² MARUM e Faculdade de Ciências da Terra da Universidade de Bremen, Alemanha



Nuvem de poeira do Sáara sobre o leste do Atlântico Norte. Ambos os observatórios, situados a uma distância de 1800 quilómetros um do outro, respectivamente no Atlântico Norte subtropical (Kiel 276, 33° N, 22° W) e tropical (CVOO, 17.4°N, 24.5°W), encontram-se na zona de influência dessas irrupções de poeira.



O destino evitável da tartaruga comum? Um projecto entre a protecção do meio ambiente e a oceanografia

Victor Stiebens¹, Björn Fiedler¹, Torsten Kanzow¹, Sonia Merino², Christophe Eizaguirre¹

A protecção das espécies marinhas é um dos grandes desafios dos nossos tempos. A enorme extensão dos oceanos, que cobrem mais de 70 % da superfície da Terra, constitui um obstáculo considerável a este empreendimento. O objectivo do nosso projecto é reunir actividades em prol da protecção da tartaruga comum (*Caretta caretta*) nas Ilhas de Cabo Verde e formas inovadoras de recolha de dados oceanográficos nessa região.

Um fenómeno oceanográfico característico que se observa nas imediações de Cabo Verde, é a ocorrência de um forte afloramento junto à costa. Trata-se do transporte de águas frias, ricas em nutrientes, provenientes das profundezas do mar, para a sua superfície, provocado pelos ventos alísios que afastam as águas superficiais da costa. Águas ricas em nutrientes e a luz tropical criam condições ideais para o crescimento de fitoplâncton, que por sua vez constitui o recurso de base para uma cadeia alimentar altamente produtiva, caracterizada por uma biodiversidade particularmente alta. Até hoje, não temos um conhecimento abrangente das regiões altamente produtivas, como o sistema de afloramento em frente à África Ocidental. É, por conseguinte, muito difícil prever os efeitos das mudanças

Gravador de dados da última geração com sensor de oxigénio integrado.



climáticas e a capacidade de adaptação evolutiva desses sistemas.

A tartaruga comum é, sem dúvida, uma das espécies mais emblemáticas das Ilhas de Cabo Verde. Só há pouco tempo cientistas descobriram que a terceira maior colónia de desova e criação dessa espécie se encontra no arquipélago cabo-verdiano. Tal como, infelizmente, todas as tartarugas marinhas, também a tartaruga comum está ameaçada de extinção, estando na Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN). Contribuem para a diminuição dessa espécie a caça ilícita e a captura acessória na pesca industrial com espinhel. Na ilha do Sal, que alberga a segunda maior colónia de desova e criação de Cabo Verde, só em 2009, um quarto das tartarugas que chegaram em terra, foram mortas por caçadores ilícitos. Além disso, a tartaruga comum é alvo de outras ameaças, como o aquecimento do clima, a poluição do meio ambiente, a destruição dos seus habitats pela construção civil nas paisagens costeiras, e pelo crescente risco de doenças epidémicas relacionado com esses factores. Por isso, existe uma necessidade premente de se tomarem medidas de protecção eficientes. A base para a elaboração de um programa consistente de protecção no futuro, seriam um melhor monitoramento científico dessa espécie e uma melhor avaliação da diversidade genética existente dentro das populações cabo-verdianas.

Para fechar algumas das lacunas de conhecimento mais patentes, estamos a recolher amostras de tecido cutâneo das tartarugas fêmeas que vão desovar em terra. Essas amostras são conservadas e posteriormente submetidas a uma análise genética. Sobretudo, estamos a analisar a diversidade genética de áreas seleccionadas do genoma das tartarugas. Esses dados permitem uma avaliação do potencial de adaptação e da resistência das populações cabo-verdianas às múltiplas ameaças. Como é provável que o risco de infecções vá crescendo com o au-



Evento organizado pelo INDP para sensibilizar a população para a ameaça da tartaruga comum.

mento das temperaturas e a crescente poluição, a nossa prioridade concentra-se naqueles genes que são relevantes para a defesa contra doenças e parasitas. Neste projecto, estamos a ser apoiados pelo Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas (INDP) no Mindelo e por várias organizações não-governamentais. Juntamente com esses parceiros de projecto, iniciámos um programa de recolha de amostras em várias ilhas do arquipélago. Temos a esperança que, a longo prazo, o nosso projecto possa dar uma contribuição para impedir a extinção dessa espécie emblemática.

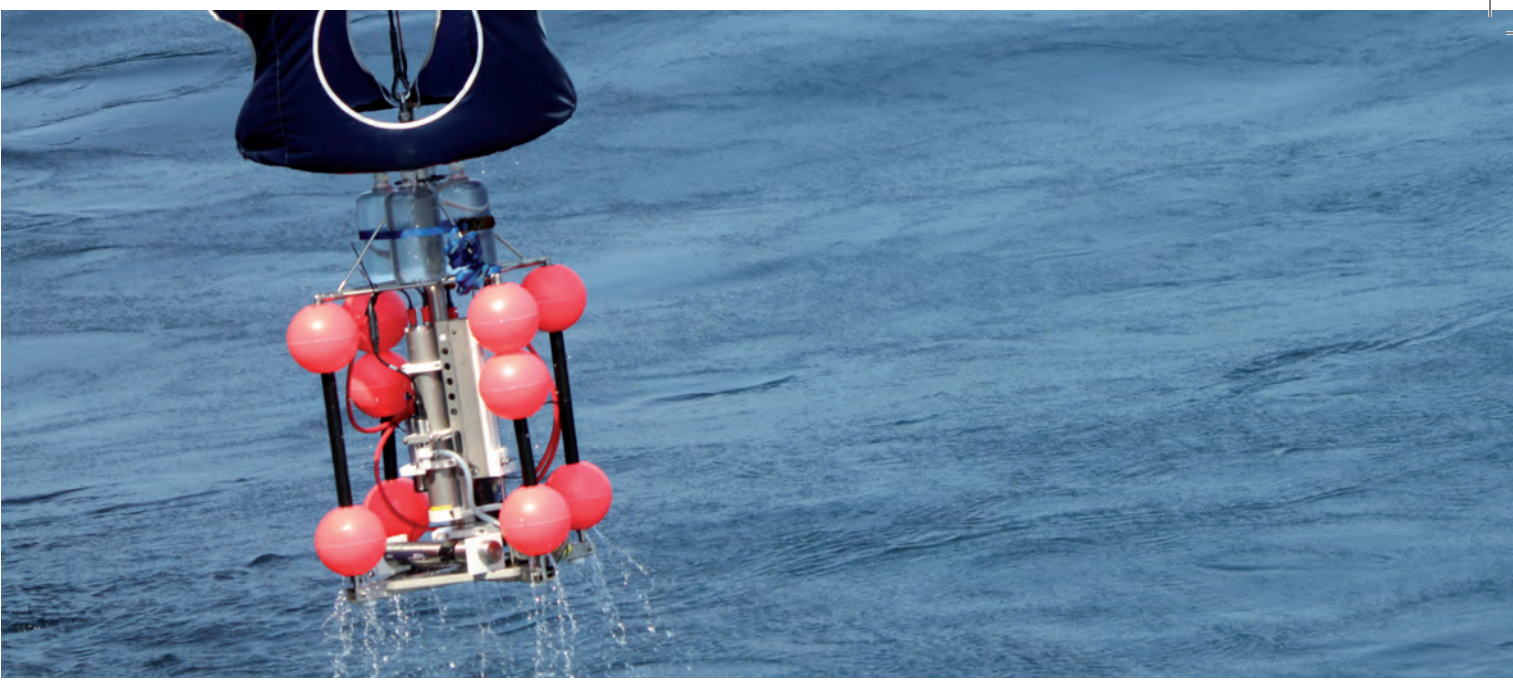
Complementarmente às actividades acima descritas, empregamos gravadores de dados ("Biologgers"), para ampliar o conhecimento sobre a utilização dos habitats e o comportamento migratório da tartaruga comum, assim como sobre os parâmetros do meio ambiente oceanográfico do seu espaço vital. Esse gravadores, pequenos aparelhos electrónicos, são fixados nas couraças das tartarugas e vão gravando tanto dados oceanográficos (teor de sal, temperatura, teor de oxigénio) após o regresso dos animais para o mar, como também a sua posição geográfica. Sempre que as tartarugas emergem à superfície, os dados são transmitidos via satélite aos cientistas em Kiel. Esse tipo de banco de dados, elaborado com a ajuda de grandes espécies marinhas, possui o potencial para aprofundar o nosso conhecimento da evolução de rotas migratórias oceânicas, e para obter ao mesmo tempo uma nova visão das características físico-químicas das massas aquáticas na região de Cabo Verde e da costa da África Ocidental – uma região de grande interesse para biólogos marinhos e oceanógrafos.

¹ GEOMAR, Kiel, Alemanha

² INDP, Mindelo, Cabo Verde



Colocação de um gravador de dados na couraça de uma tartaruga comum para registar dados sobre o comportamento migratório, a utilização do habitat e parâmetros ambientais oceanográficos



O derivador de Lagrange de superfície durante o seu recolhimento. Está equipado com um grande número de sensores biogeoquímicos.

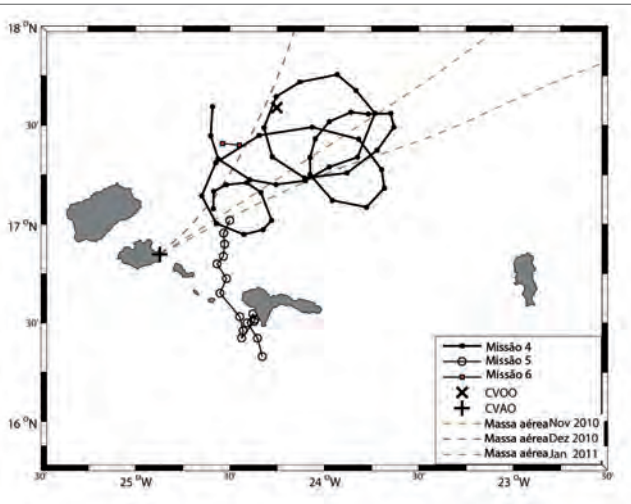
A respiração do mar – Medições autónomas de gás junto às Ilhas de Cabo Verde

Arne Körtzinger¹, Martin Heimann², Nuno Vieira³, Björn Fiedler¹, Peer Fietzek¹

O dióxido de carbono (CO₂), base de toda a vida e ao mesmo tempo o principal motor da mudança climática global, e o oxigénio (O₂), fonte vital de quase todos os seres vivos, são dois gases inseparavelmente interligados pela fotossíntese. Por essa razão, a distribuição e a dinâmica desses dois gases, tanto na atmosfera como no oceano, são determinantemente marcadas por processos biológicos que se desenvolvem respectivamente na terra e no mar. O comportamento do dióxido de carbono e do oxigénio, facilmente induz, à primeira vista, ao engano de supor que a observação de ambos os gases não irá conduzir a uma aprendizagem mais abrangente do que a observação de cada um deles. No entanto, já sabemos que ambos os gases têm também uma vida própria, o que nos pode proporcionar conhecimentos específicos e extremamente importantes sobre a dinâmica do ciclo global do carbono. Por essa razão, nos últimos anos, o ciclo do oxigénio marinho, além do ciclo do carbono, tem vindo a entrar cada vez mais no foco da investigação oceanográfica internacional.

O mar é um gigantesco colector do dióxido de carbono produzido pelo ser humano, produzindo como tal um contra-efeito decisivo à mudança climática antropogénica. Para poder prever futuras alterações da função estabilizadora do clima, é necessário ter um conhecimento aprofundado do paradeiro do CO₂ antropogénico, proveniente da incineração dos combustíveis fósseis e da derruba e queima das florestas húmidas tropicais. Para isso, mostraram-se muito úteis as medições de alta precisão do teor de CO₂ e do O₂ na atmosfera. Porém, entretanto estão a tornar-se patentes alterações óbvias no ciclo do oxigénio marinho que não só dificultam a interpretação das medições atmosféricas, como também proporcionam uma nova visão da

reação do sistema global do oceano à mudança do clima. Assim a - entretanto bem documentada - diminuição do oxigénio no oceano mundial é indicio da desaceleração paulatina da ventilação do mar, no contexto de um aquecimento do clima. Além disso, as alterações da produtividade biológica do oceano, impulsionadas pelo clima, também estão a reflectir-se directamente no teor do oxigénio do oceano. Essas influências não se limitam, no entanto, ao oxigénio, abrangendo também o carbono, e sendo por essa razão de grande importância para a nossa compreensão do ciclo global do carbono e da sua evolução no futuro.



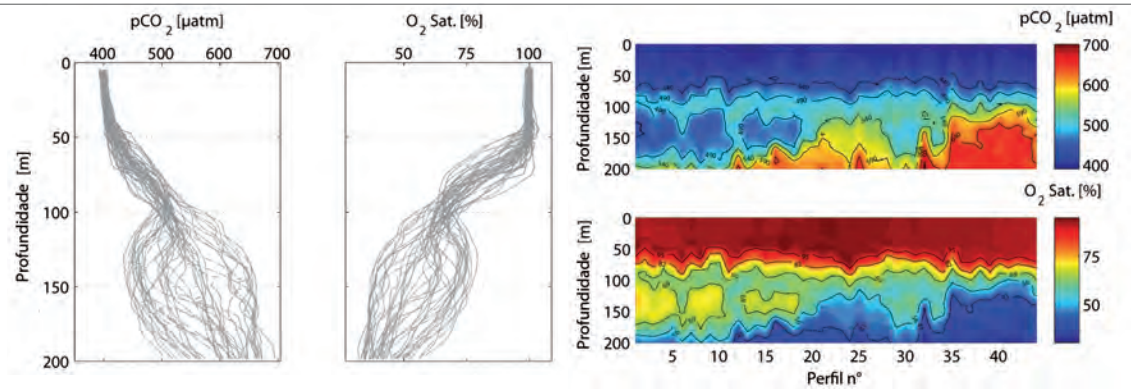
O mapa mostra a região oceânica a nordeste das ilhas de Santo Antão, São Vicente e São Nicolau onde são realizadas medições de concentrações de oxigénio e dióxido de carbono no oceano e na atmosfera. O derivador-perfilador autónomo (protótipo) utilizado nessa zona, fornece dados do oceano em alta resolução, entre os observatórios oceânico e atmosférico.

Por isso, nos últimos anos tem havido um aumento dos esforços para intensificar e combinar a observação dos ciclos marinhos do carbono e do oxigénio. Nesse contexto são de mencionar os novos métodos de observação, em parte autónomos, que estão a ter um papel cada vez mais

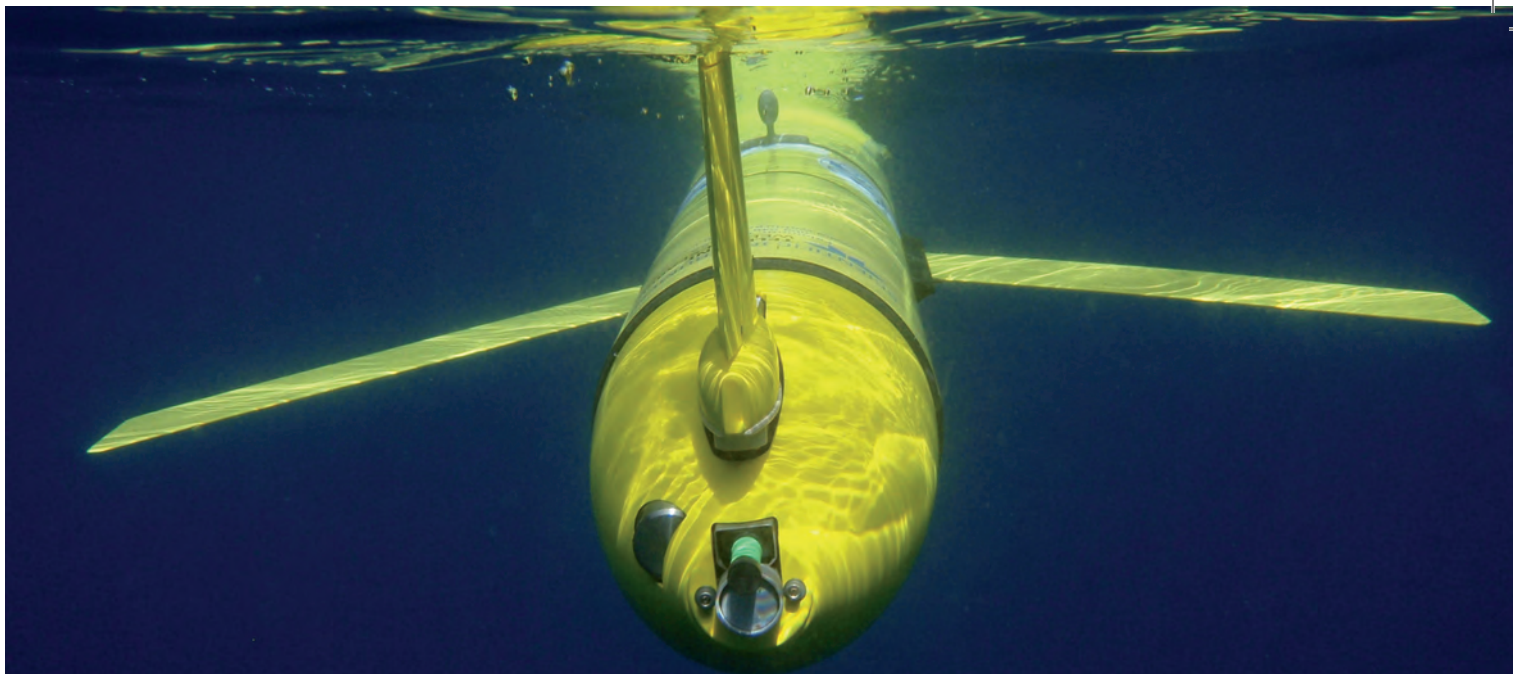
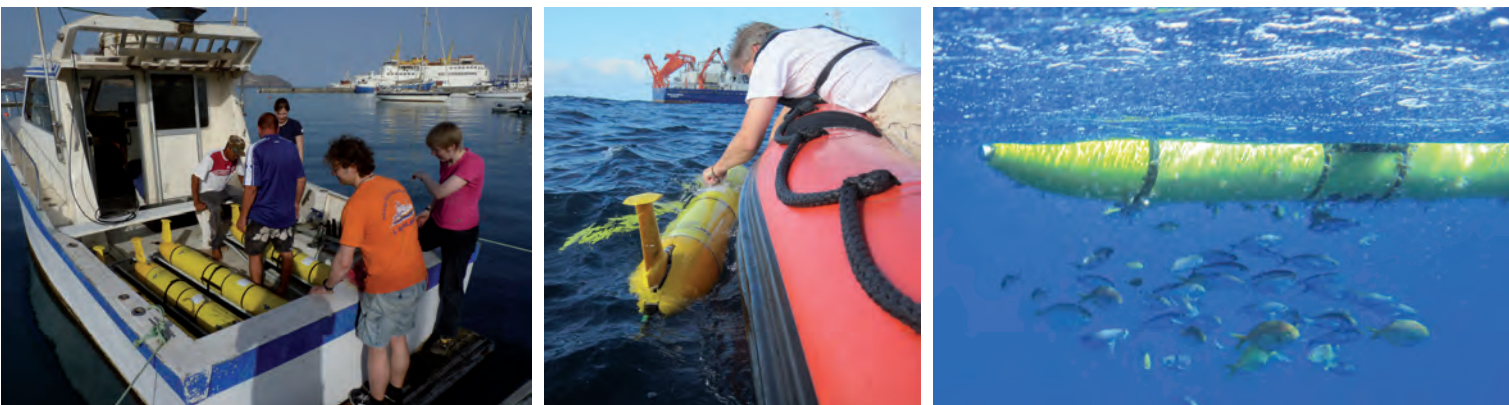
importante. No Observatório Oceanográfico de Cabo Verde (CVOO) estamos a utilizar para tal modernos derivadores de águas profundas - robots equipados com sensores para medir a pressão, a temperatura, a salinidade e, pela primeira vez, o teor de CO₂ e de O₂ - que se movimentam livremente, num ritmo de 30 horas, com a corrente pelas águas, numa profundidade de 250 metros da superfície. Esses robots proporcionam a observação contínua da dinâmica dos dois gases na superfície do oceano e o seu intercâmbio com a atmosfera. Para estudos de processos de curto prazo (por exemplo o decorrer de um dia), é utilizado adicionalmente um derivador de Lagrange de superfície o qual, com a sua vela, segue um pacote de água, proporcionando com o seu com-

plexo conjunto de sensores medições de gases de alta resolução temporal na camada superficial de mistura. Através da medição simultânea de CO₂ e O₂ no Observatório Atmosférico de Cabo Verde (CVAO), é possível associar as medições de ambas as esferas. Acreditamos dessa forma conseguir obter nessa região chave, novos conhecimentos sobre o papel do oceano nas mudanças atmosféricas desses dois gases importantes.

¹ GEOMAR, Kiel, Alemanha
² MPI-BGC, Jena, Alemanha
³ INDP, Mindelo, Cabo Verde



Concentrações de dióxido de carbono e de oxigénio observadas entre os 200 m e a superfície do oceano, junto do CVOO, registadas pelo derivador-perfilador pela primeira vez durante uma missão autónoma de 8 semanas de duração.



Um planador a caminho de registar perfis de profundidade, como salinidade, temperatura, pressão, clorofila, oxigénio e turbidez.

A interacção de processos físicos e biogeoquímicos de pequena escala à volta das Ilhas de Cabo Verde

Torsten Kanzow¹, Gerd Krahmann¹, Martin Visbeck¹, Arne Körtzinger¹

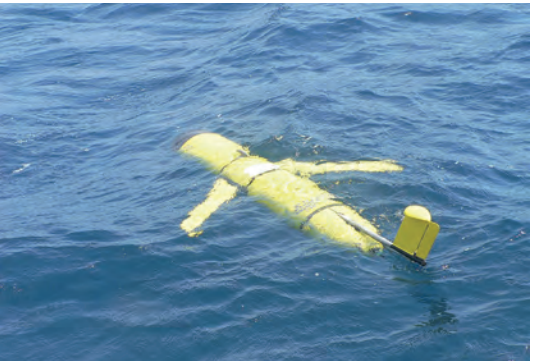
À volta das Ilhas de Cabo Verde existe, em profundidades superiores a 200 metros, uma importante camada de água de várias centenas de metros de espessura com concentrações de oxigénio muito baixas. As águas nessa região, denominada pelos oceanógrafos também como “zona de sombra”, só se regeneram e ventilam muito devagar porque, devido à frente de Cabo Verde que se estende a norte dessa zona, estão praticamente isoladas da circulação do Atlântico Norte, não tendo tão pouca ligação às dinâmicas correntes equatoriais. Outra particularidade do Atlântico Norte é a ocorrência periódica de tempestades que transportam enormes quantidades de poeira do Saara, provocando uma fertilização do oceano com nutrientes como o ferro e o fosfato.

Presume-se que as variações de pequena escala das correntes nessa região têm um papel importante na distribuição do oxigénio e dos nutrientes. Essas correntes podem, por exemplo, transportar nutrientes das profundezas até à camada luminosa na superfície do mar, estimulando assim o crescimento de algas. As correntes podem também levar oxigénio da camada saturada de ar na superfície do oceano para as regiões mais profundas e mais pobres em oxigénio, onde passa a estar disponível para a decomposição de material orgânico. Esta interacção entre processos físicos e biogeoquímicos está sujeita a fortes variações, tanto temporais como locais, desenvolvendo-se dentro de áreas estreitamente limitadas (flutuações de pequena escala). Por isso, os parâmetros físicos (temperatura, salinidade, corrente) e biogeoquímicos (clorofila como indicador do crescimento de algas, oxigénio) devem ser registados em simultâneo e em alta resolução local durante um espaço de tempo de várias semanas, para se poder fazer afirmações fidedignas sobre o acoplamento físico-biogeoquímico.

Levando em conta estas considerações, foi realizada, na Primavera de 2010, uma experiência a norte das Ilhas de Cabo Verde, para a qual foi

utilizada, em vez de um navio oceanográfico, uma frota de planadores (gliders). Os planadores (vide fotografia em baixo) são plataformas de medição com navegação autónoma que percorrem cerca de 30 quilómetros por dia. Apesar de não possuírem propulsão própria, os gliders avançam debaixo da água como pequenos aviões planadores, graças às suas asas. Num percurso de “dente de serra”, eles alternam entre mergulhar e voltar à superfície, podendo os novos dados de medição, cada vez que emergem, serem transmitidos via satélite para uma base em terra. Ao mesmo tempo, os planadores podem receber novos parâmetros de actuação, por exemplo um novo itinerário, nova profundidade de mergulho etc.

Em Março de 2010, a frota de planadores foi colocada no mar na região a sul da ilha de São Vicente. A seguir, os aparelhos dirigiram-se, através de navegação autónoma, até ao Observatório Oceanográfico de Cabo Verde (CVOO) situado a 100 km a norte da ilha, onde passaram a navegar em simultâneo durante várias semanas por percursos pré-estabelecidos numa área de 50 x 50 km (figura ao lado). Várias vezes por

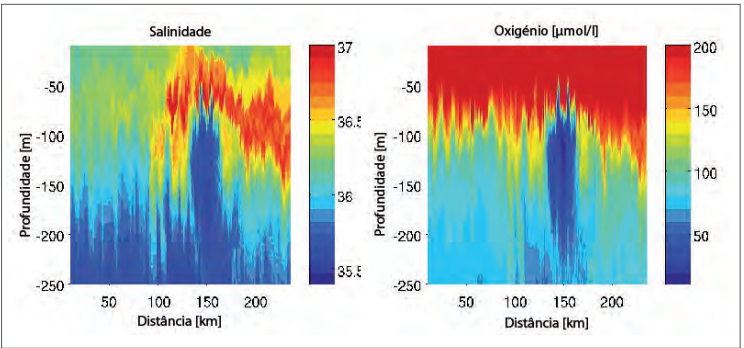
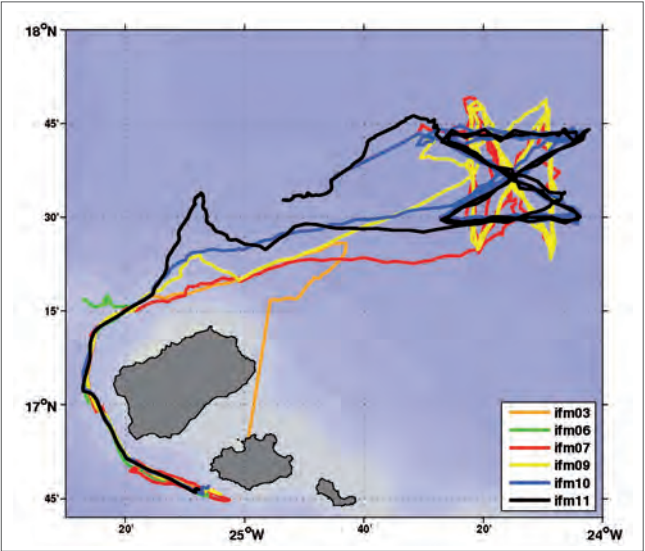


Um planador à superfície do mar. Através da alteração da sua densidade, os planadores podem emergir e submergir. O impacto da hidrodinâmica nas asas gera o impulso, fazendo com que os planadores possam percorrer aproximadamente 30 km por dia.

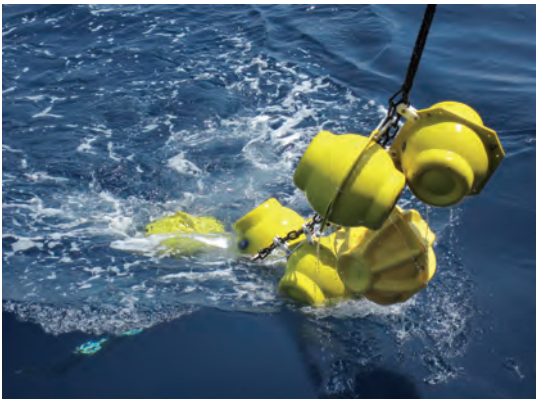
dia, os planadores mergulhavam até profundidades de 500 metros onde registavam os perfis de profundidade, como salinidade, temperatura, pressão, clorofila, oxigénio e turbidez. Até à sua recolha pelo navio oceanográfico Polarstern em Maio de 2010, os planadores percorreram uma totalidade de 3800 km, tendo realizado 3500 mergulhos.

Os resultados das medições mostram muito nitidamente a existência de alterações de pequena escala a nível das circulações. Também documentam a interacção entre variações físicas e biogeoquímicas, como por exemplo no redemoinho que se vê na figura em baixo, o qual encerra águas ricas em oxigénio e pobres em sal. A partir desses dados estamos a tentar perceber as escalas

Percursos do planadores durante a campanha de medição realizada na primavera de 2010. Os planadores foram colocados no mar a sul da ilha de São Vicente, tendo-se dirigido de forma autónoma para o Observatório Oceanográfico de Cabo Verde, onde realizaram medições ao longo de trajectos pré-definidos, em forma de borboleta, até terem sido recolhidos em 5 de Maio pelo navio oceanográfico Polarstern.



Exemplo de um corpo de água de pequena escala (observado cerca de 40 km a norte da ilha de Santo Antão) com concentrações de oxigénio muito baixas (vide à direita), acompanhadas por salinidade reduzida.



Observações oceânicas de longo prazo

Johannes Karstensen¹, Björn Fiedler¹, Arne Körtzinger¹

Cerca de 100 km a nordeste da ilha de São Vicente em Cabo Verde está a funcionar um observatório oceânico de longo prazo, o Observatório Oceanográfico de Cabo Verde (CVOO). O observatório encontra-se em águas de 3600 metros de profundidade e está composto por uma instalação oceanográfica ancorada no local e medições realizadas a partir de um navio. Com o apoio do ancoradouro (vide figura em baixo) é possível registar dados de medição em alta resolução temporal. A recolha de amostras pelo navio, normalmente realizada uma vez por mês, permite o registo de dados complementares que não se conseguem obter através de medições autónomas.

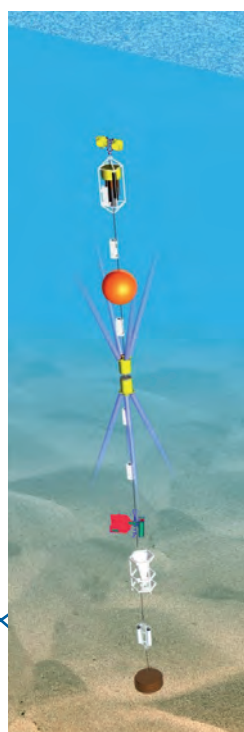
O ancoradouro é recolhido periodicamente, em intervalos de um a dois anos. Na maioria dos casos, os dados são retirados dos aparelhos e calibrados logo in situ no navio. A seguir, o an-

coradouro é reinstalado no fundo do mar com a maior brevidade possível, normalmente passado poucos dias, para poder garantir uma recolha de amostras quase sem lacunas.

As medições de rotina junto do CVOO fornecem séries temporais de grandezas básicas biogeoquímicas e de relevância biológica, como por exemplo o teor de carbono e de oxigénio, o fluxo de partículas e as concentrações de zooplâncton e de fitoplâncton. No ancoradouro, as medições são obtidas em profundidades seleccionadas. Os parâmetros físicos, como corrente, temperatura e salinidade, são fornecidos em resolução especialmente alta para poder quantificar esses importantes factores de propulsão com a maior exactidão possível.

As séries temporais fornecem um panorama pormenorizado do desenvolvimento temporal num determinado lugar. As escalas temporais abrangem processos desde a evolução diária, como por exemplo a migração vertical do plâncton em função da posição solar (vide figura à direita), até alterações interanuais e também alterações a longo prazo, como por exemplo a espessura, e a entalpia da camada superficial de mistura do oceano (vide figura à direita em baixo). O registo em paralelo de parâmetros biogeoquímicos, biológicos e físicos permite obter conhecimentos sobre a interacção entre os processos.

Outra particularidade do observatório oceânico de longo prazo é o seu acoplamento com a observação atmosférica. A localização do observatório oceânico foi escolhida de forma a situar-se no barlavento, o lado para onde sopra o vento, do Observatório Atmosférico de São Vicente (CVAO). Os ventos alísios que sopram com 25 a 30 quilómetros por hora de forma bastante forte e estável de direcção nordeste, "interligam" os observatórios, para, por exemplo, uma ocorrência de poeira alcançar o observatório oceânico com grande probabilidade algumas horas antes de chegar ao observatório atmosférico. Os detalhes



Esquema de um ancoradouro de águas profundas. Através de um peso ancorado no fundo do mar, o cabo de aço, equipado com bóias e aparelhos de medição, é fixado no local da ancoragem. Por cima do peso, são colocados dispositivos que reagem e que após 1 ou 2 anos de funcionamento cortam a ligação com o peso ancorado, fazendo com que os componentes emergam à superfície para serem recolhidos pelo navio oceanográfico.



Poita levando consigo o cabo de ancoragem, acoplado de um paraquedas para evitar o afundamento demasiado acelerado.

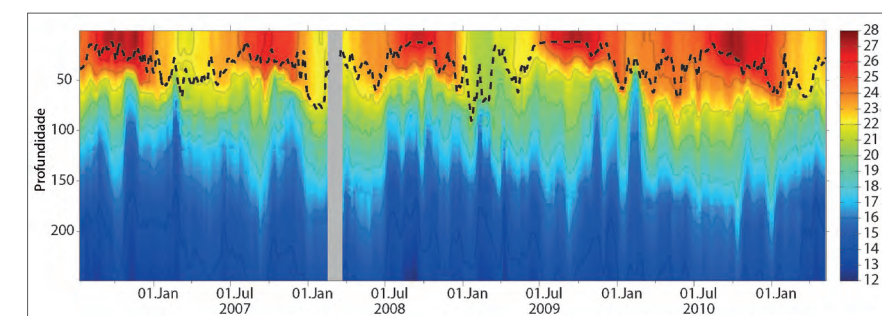
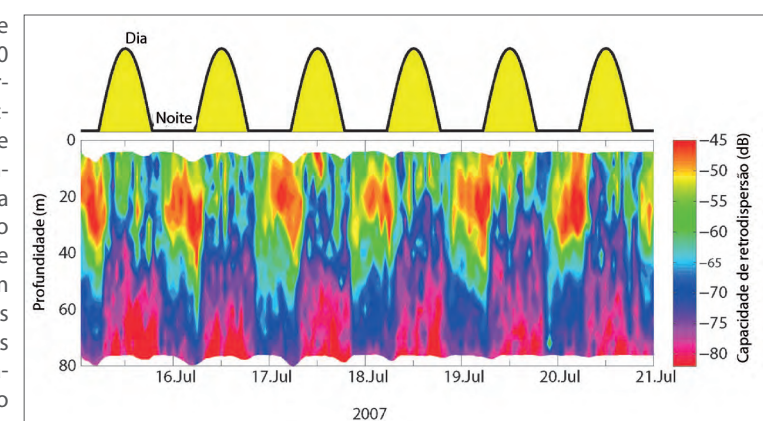
das ocorrências – por exemplo a concentração média de partículas e sua composição química – são apurados através das medições junto do observatório atmosférico. Outro exemplo são os fluxos gasosos locais provenientes do oceano ou dirigidos para ele que se reproduzirão nos dados de ambos os observatórios.

Em medições de longo prazo tem que estar garantido que os parâmetros sejam registados em qualidade invariável e segundo padrões internacionais comparáveis. Só assim é possível de-

terminar e comparar tendências de longo prazo susceptíveis de proporcionarem informações fidedignas sobre alterações na região provocadas pelo clima. No observatório oceânico de longo prazo existe, por essa razão, um cuidado especial com o controlo da qualidade dos dados. A realização de medições comparativas no navio é um elemento importante e até imprescindível para o controlo e a garantia da qualidade.

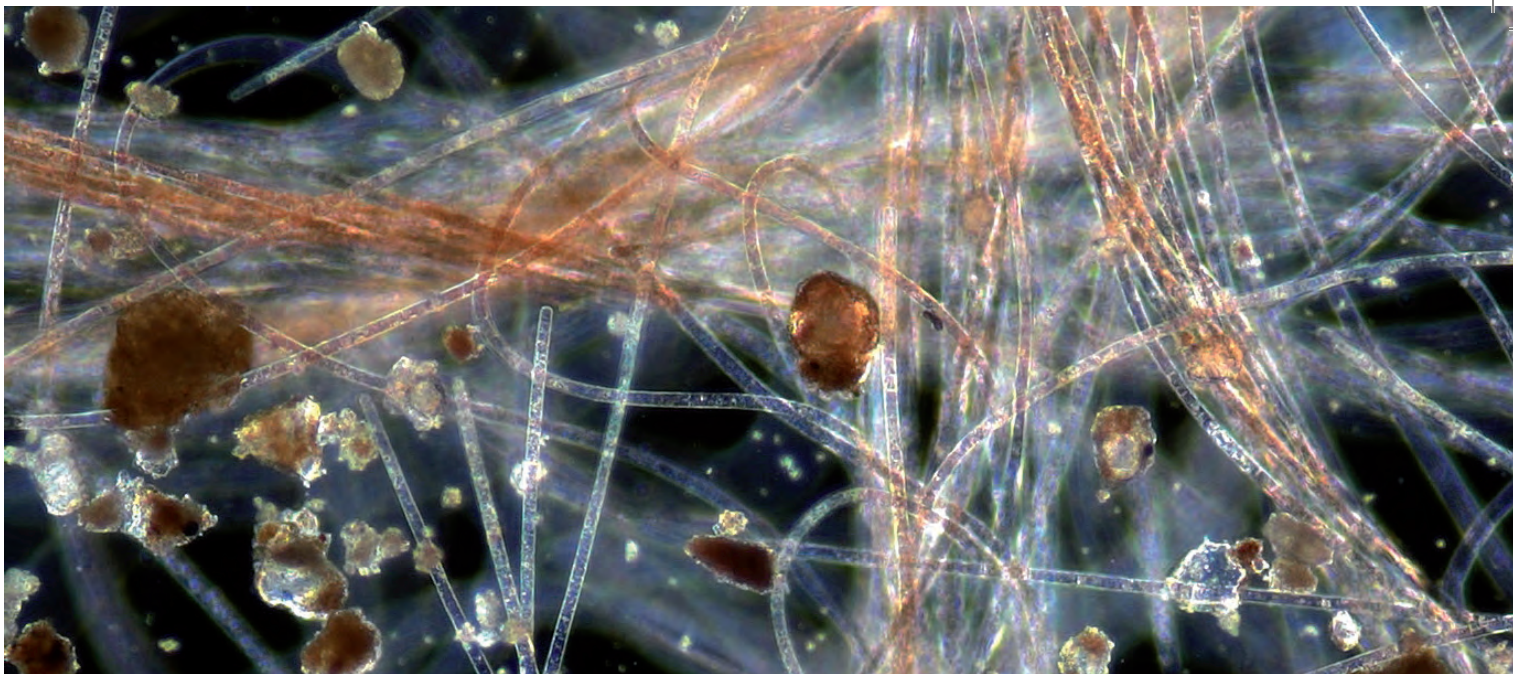
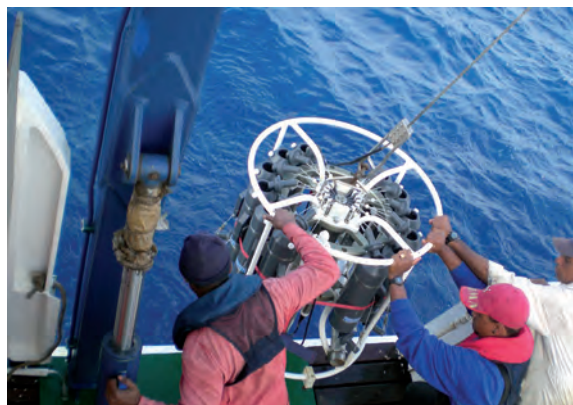
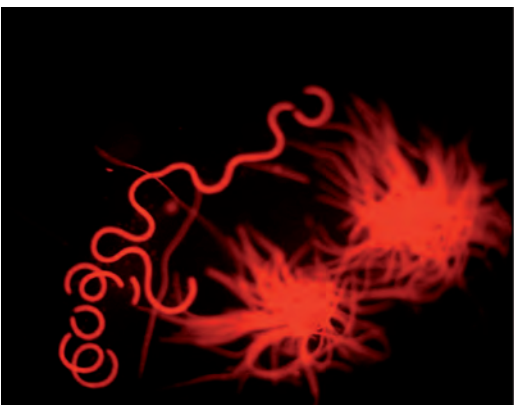
¹ GEOMAR, Kiel, Alemanha

A série temporal da capacidade de retrodifusão acústica (300 kHz), relacionada com determinadas categorias de zooplâncton, mostra nitidamente que perto da superfície a abundância maior ocorre durante a noite. Com o começo do dia, o zooplâncton desce para áreas de maior profundidade (aqui sem resolução) para esconder-se dos predadores. As séries temporais demonstram que esse comportamento também está relacionado com a coluna de água.



O desenvolvimento da variação temporal do campo térmico junto do ancoradouro do CVOO entre 2006 e 2011. A distribuição consta da escala à direita. A linha preta intermitente indica a profundidade da camada superficial de

mistura máxima. Essa profundidade constitui uma área de controlo importante para o intercâmbio entre o interior do oceano e a sua superfície. Os fluxos de calor e de material através dessa área de controlo têm um papel decisivo para o clima e o ecossistema marinho.



Fios de *trichodesmium*, emaranhados com partículas de poeira do Sáhara contendo ferro.

Fixadores marinhos de nitrogénio nas águas do Atlântico Norte tropical, pobres em nutrientes

Julie LaRoche¹, Marcel Kuypers²

Tanto em terra como no mar, a biodisponibilidade de nitrogénio exerce muitas vezes uma função limitadora sobre a produção biológica primária de plantas e micro-organismos, a base de todos os ecossistemas. A utilização directa do nitrogénio molecular, disponível em quantidades quase ilimitadas tanto na atmosfera como no oceano, está reservada aos fixadores de nitrogénio. São micro-organismos que dispõem de nitrogenase, um complexo de enzimas contendo ferro e muito antigo na história da Terra. A fixação biológica de nitrogénio é um processo altamente dispendioso em termos energéticos, estando por essa razão, por “questões económicas”, vinculado às condições de falta de disponibilidade de outras fontes de nitrogénio, como por exemplo nitrato. Ao mesmo tempo, os fixadores de nitrogénio têm uma necessidade especialmente alta do elemento-traço ferro, devido às suas enzimas específicas. No oceano, o ferro transforma-se rapidamente num composto em estado de oxidação III com

baixa solubilidade, encontrando-se por essa razão nas águas do mar só em concentrações-traço muito reduzidas, apesar da sua abundância no nosso planeta. Por isso, a falta de ferro é um fenómeno bem conhecido nos ecossistemas marinhos. O Atlântico Norte tropical, onde em vastas áreas concorre pobreza em nutrientes (oligotrofia) com alta deposição de ferro pela poeira atmosférica, constitui, por conseguinte, uma região chave para a fixação marinha de nitrogénio.

Desde 2008, estamos a realizar, por essa razão, investigações intensas sobre a produção primária e a fixação biológica de nitrogénio na região das Ilhas de Cabo Verde. Nesse contexto, uma questão de importância especial é o papel da poeira atmosférica enquanto fornecedor de macro e micronutrientes – em primeiro lugar o ferro – e com ele o acoplamento entre produtividade biológica do oceano superficial e dinâmica da atmosfera. Experiências de campo com comuni-

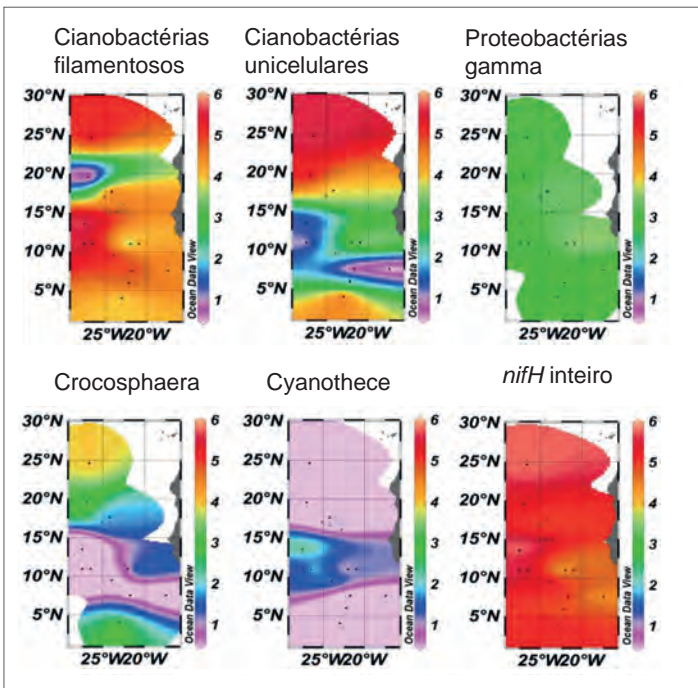
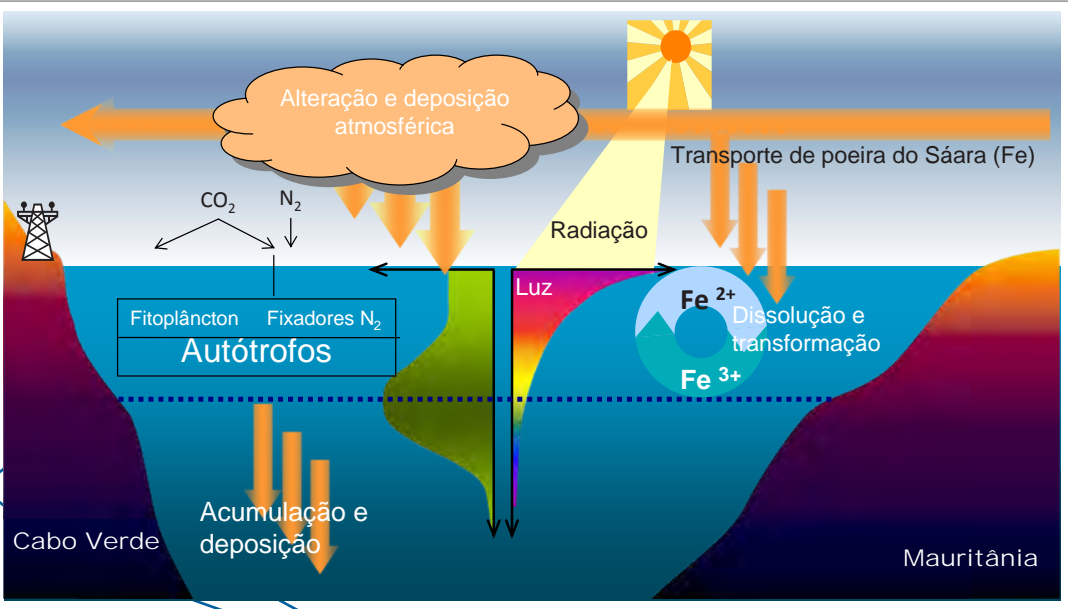
dades de bactérias recolhidas em amostras junto do Observatório Oceanográfico de Cabo Verde (CVOO) mostram que a produção primária está efectivamente limitada pelo nitrogénio, e que os fixadores de nitrogénio, apesar do seu aparelho enzimático dispendioso em termos energéticos, têm uma vantagem ecológica em comparação com os seus concorrentes. A comunidade de micro-organismos capazes de fixar nitrogénio (diazotróficos) junto das Ilhas de Cabo Verde está composta por várias espécies que, devido a factores ambientais como temperatura e adição de poeira, variam com as estações do ano. A *trichodesmium*, um representante proeminente das cianobactérias filamentosas (algas azuis) costuma criar, imediatamente após ocorrências de poeira, verdadeiras flores com entre 2 e 3 milhões de células por litro. Outros representantes típicos são a cianobactéria unicelular UCYN-A que não possui o fotossistema 2, não estando por essa razão capacitada para a fotossíntese normal, assim como

outra gamaproteobactéria, até ao presente pouco caracterizada.

Ao contrário da *trichodesmium*, conhecida há muito tempo e considerada responsável por grande parte da deposição de nitrogénio através da fixação de nitrogénio, quase não temos conhecimentos sobre a UCYN-A e as gamaproteobactérias. Até ao momento, esses micro-organismos não cultiváveis apenas são identificados através de uma sequência especial de ADN (*nifH*) que codifica a enzima nitrogenase. Por essa razão, estamos a tentar descobrir mais informações sobre a UCYN-A, através dos métodos mais modernos como a hibridação in situ fluorescente (FISH), ou a espectrometria de massa por nano-ionização secundária (nanoSIMS).

¹ GEOMAR, Kiel, Alemanha
² MPI de Micro-Biologia Marinha, Bremen, Alemanha

Factores que influenciam a fixação de nitrogénio junto do observatório de séries temporais de Cabo Verde. A fixação de nitrogénio constitui a maior deposição de nitrogénio fixado no oceano aberto, sendo por essa razão uma grandeza decisiva para o volume da produção primária nas águas superficiais.



Distribuição geográfica e frequência dos fixadores de nitrogénio à volta das Ilhas de Cabo Verde. Foram utilizadas sondas especiais de biologia molecular que detectam o gene-chave para a fixação de nitrogénio, o assim chamado gene *nifH*.



Vida na zona abissal do mar – Seres vivos fascinantes nos arquipélagos tropicais

Corais do mar profundo – Vida na escuridão

Jacek Raddatz¹, Wolf-Christian Dullo¹, Andres Rüggeberg²

Os corais do mar profundo ou de água fria existem em todo o planeta, desde os trópicos até às regiões polares. Esses organismos fascinantes crescem e vivem em profundidades entre os 200 e 1000 metros, onde já não chega nenhum raio de luz. Adaptaram-se a esse meio-ambiente inóspito, alimentando-se exclusivamente da filtração de substância orgânica. Já há séculos atrás, pescadores noruegueses encontravam estes organismos muito parecidos com flores, devido à exuberância das suas cores, nas suas redes de arrasto. Hoje em dia, estes seres delicados que formam ecossistemas únicos, estão cada vez mais ameaçados pela crescente acidificação dos oceanos, pelo aquecimento do clima, e nomeadamente pela pesca de arrasto de fundo.

Nos montes submarinos à volta das Ilhas de Cabo Verde, os corais de água fria ocorrem até profundidades de 3000 metros. Aqui, eles partilham o seu habitat com peixes, ouriços-do-mar, poríferas, caranguejos, pepinos-do-mar, moluscos e muitos outros habitantes da zona abissal do mar. Uma particularidade destes organismos de profundidade é a bioluminescência, o luzir activo de organismos, descoberta só há pouco tempo nos corais de bambú. A bioluminescência é uma característica citada para um número crescente de organismos abissais percentes aos grupos mais variados. No entanto, até ao presente, esse fenómeno está pouco documentado para os corais de água fria. As possíveis funções da bioluminescência para esse grupo de organismos ainda são praticamente desconhecidas.

Os corais de água fria constituem um valioso arquivo do clima, uma vez que o seu esqueleto “registra” os respectivos parâmetros ambientais das imediações durante o seu crescimento. A composição elementar dos corais é como um livro sobre o clima oceânico dos tempos passados. Através

dos métodos de datação por radiocarbono e radium/tório é possível determinar a idade de um coral morto. A análise de elementos-traço permite a reconstrução das características das massas de água durante o seu crescimento, e a dedução de parâmetros como a temperatura. Tais informações sobre o mar profundo à volta das Ilhas de Cabo Verde são importantes para a compreensão das interações do sistema oceano-climático nos trópicos, sobretudo com vista a mudanças futuras.

¹ GEOMAR, Kiel, Alemanha

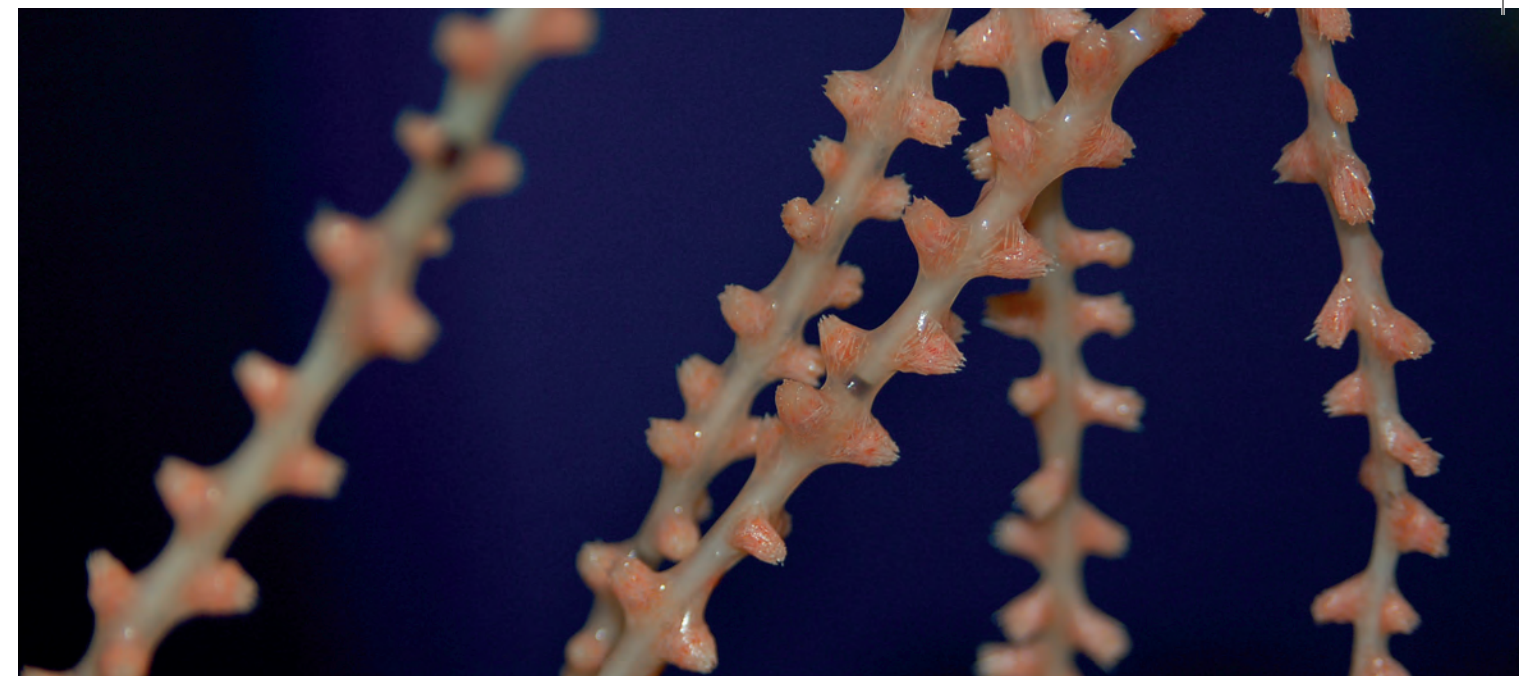
² Katholieke Universiteit Leuven, Bélgica

Cefalópodes – Seres vivos fascinantes nos arquipélagos tropicais

Uwe Piatkowski¹

Nas imediações da zona frontal de Cabo Verde, a norte do arquipélago, as massas de água relativamente fria da corrente das Canárias encontra as correntes quentes da água central do Atlântico Sul. Isso provoca zonas locais de upwelling e turbulência responsáveis pela criação de condições hidrográficas únicas. Devido a elas, para muitos seres vivos marinhos de água fria, Cabo Verde constitui o limite sul do seu habitat, ao passo que para muitas espécies tropicais o arquipélago é o limite norte do seu habitat. Por essa razão, para os biólogos marinhos a região tem interesse pela sua imensa riqueza de espécies – ela é um assim chamado “hotspot” da biodiversidade.

Em Abril de 2005, o navio oceanográfico Poseidon realizou as suas primeiras pesquisas para estudar a vida marinha junto das Ilhas de Cabo Verde. No centro dessas pesquisas estavam também os cefalópodes, um grupo de animais que se distinguem pela enorme diversidade de espécies. Os trabalhos concentravam-se no cume da montanha submarina de Senghor e nas águas circundantes das ilhas do Fogo e da Brava, onde foi possível capturar respectivamente oito e dez espécies diferentes de cefalópodes. No Senghor,



Uma *Keratoisis* sp. viva, capturada em 3052 m de profundidade, junto do vulcão submarino de Charles Darwin, durante a expedição M80/3.

dominou a espécie *Cranchia scabra* (vide figura central em cima), um cefalópode gelatinoso transparente, semelhante à alfarreca. Outra espécie particularmente extravagante é a lula luminosa *Abraliopsis pfefferi* que se distingue por grandes órgãos luminosos nas pontas dos seus tentáculos. Das espécies mais frequentes nos pontos de observação a sul de Fogo e Brava, fazem parte a deslumbrante lula de fogo *Pyroteuthis margaritifera* (vide figura em cima à esquerda) que possui grandes órgãos luminosos nos cantos dos olhos e no saco intestinal, e a lula *Onychoteuthis banksi* cujos tentáculos possuem grandes ganchos que lhe são muito eficientes ao agarrar a sua presa.

Esta pequena colecção de cefalópodes da expedição do Poseidon ilustra formas impressionantes e bizarras que este grupo de animais adquire junto das Ilhas de Cabo Verde. Lamentavelmente ainda sabemos muito pouco sobre a comunidade de espécies de cefalópodes nessa região, apesar de ser um grupo de animais que ocupa posições chave no ecossistema.

¹ GEOMAR, Kiel, Alemanha

Zooplâncton – Elo de ligação nos ciclos marinhos de matéria

Rainer Kiko¹, François Seguin², Lena Teuber², Holger Auel², Frank Melzner¹

Zooplâncton, animais de pequeno porte, entre milímetros e centímetros, que vivem livremente na coluna de água, desempenham um papel central nas cadeias alimentares marinhas e nos ciclos biogeoquímicos de matéria. Eles comem o fitoplâncton de tamanho microscópico e constituem por sua parte o alimento de predadores maiores, como por exemplo de vários tipos de peixe. As migrações diárias verticais deles (ver páginas 18/19) geram um transporte significativo de matéria orgânica para o mar profundo, porque apesar de não se alimentarem durante o dia nas profundezas, eles continuam a respirar e

a excretar, liberando dessa forma produtos metabólicos finais. Os copépodes, uma subclasse específica dos crustáceos, representam a maior fracção da biomassa do zooplâncton e têm, por conseguinte, uma importância especial para os fluxos de matéria.

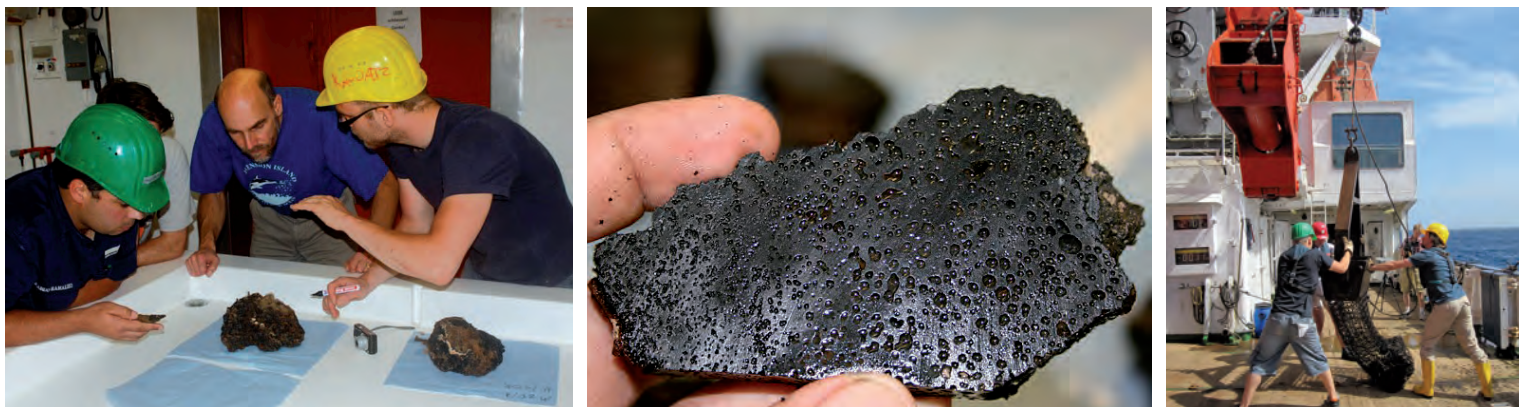
Para classificar a comunidade de zooplâncton junto das Ilhas de Cabo Verde, foram retiradas várias amostras em diferentes profundidades das águas a sul de São Vicente, e a seguir foram classificadas taxonomicamente. A comunidade de zooplâncton junto das Ilhas de Cabo Verde é considerada uma das mais ricas em espécies a nível mundial. Foram classificadas 126 categorias taxonómicas. Como não foi possível diferenciar todas as categorias ao nível das espécies, até é provável que existam bastante mais espécies. Só nos copépodes calanóides, uma subdivisão importante dos copépodes que foi estudada de forma particularmente intensa, foi possível identificar 91 espécies. Sobretudo as diferentes espécies do género *Pleuromamma* foram identificadas como sendo componentes importantes da migração vertical diária do zooplâncton. A alta diversidade observada é provavelmente resultado das condições hidrográficas especiais na região (ver o artigo sobre os cefalópodes). Futuramente iremos realizar os nossos trabalhos também no Observatório Oceanográfico de Cabo Verde (CVOO), para poder definir melhor o papel do zooplâncton marinho nos ciclos biogeoquímicos de matéria no Atlântico Leste Tropical.

¹ GEOMAR, Kiel, Alemanha

² Universidade de Bremen, Alemanha



O copépode calanóide *Candacia pachydactyla* é um representante particularmente bonito do zooplâncton junto das Ilhas de Cabo Verde.



Lava em almofada petrificada de um cume submarino de 1300 m de altura do Sodade.

se na próxima ilha do arquipélago; a estimativa é que isso possa ocorrer em cerca de 100.000 anos.

Os cumes de Charles Darwin e de Sodade têm grande semelhança morfológica. São constituídos por vários cones vulcânicos que cobrem uma área quase circular no subsolo marinho (vide figura em baixo, à direita). Em termos morfológicos, ambos os vulcões são muito jovens, sobretudo em relação aos diferentes centros de erupção que ainda não se juntaram, não formando um cume singular. No entanto, há uma grande diferença entre as duas áreas. O cimo mais alto do Sodade é um cume de cerca de 1300 metros de altura, constituído por lava em almofada, o que permite concluir que o lava está a sair sobretudo por um rifte. Nos cumes de Charles Darwin, em contrapartida, distinguem-se sobretudo duas grandes crateras com um diâmetro de um quilómetro cada uma, que nasceram por vulcanismo explosivo em 3500 metros de profundidade. Assim, o vulcanismo subaquático de Cabo Verde cobre um leque extraordinariamente vasto de composições químicas e de variedade e mecanismos de erupção, oferecendo um campo de trabalho extremamente interessante para as geociências marinhas e para a vulcanologia.

mos de erupção, oferecendo um campo de trabalho extremamente interessante para as geociências marinhas e para a vulcanologia.

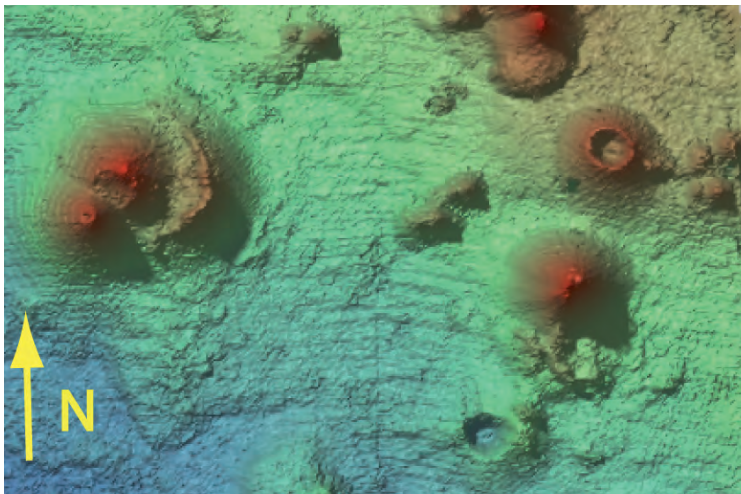
¹ GEOMAR, Kiel, Alemanha

¹ Em inglês “seamount”

^{II} Poeta e político senegalês, 1906-2001

^{III} Navegador e descobridor italiano ao serviço de Portugal, 1432-1483

Os cumes de Charles Darwin, recentemente descobertos com as suas características crateras.



Montes submarinos – Vulcanismo no mar profundo à volta do arquipélago de Cabo Verde

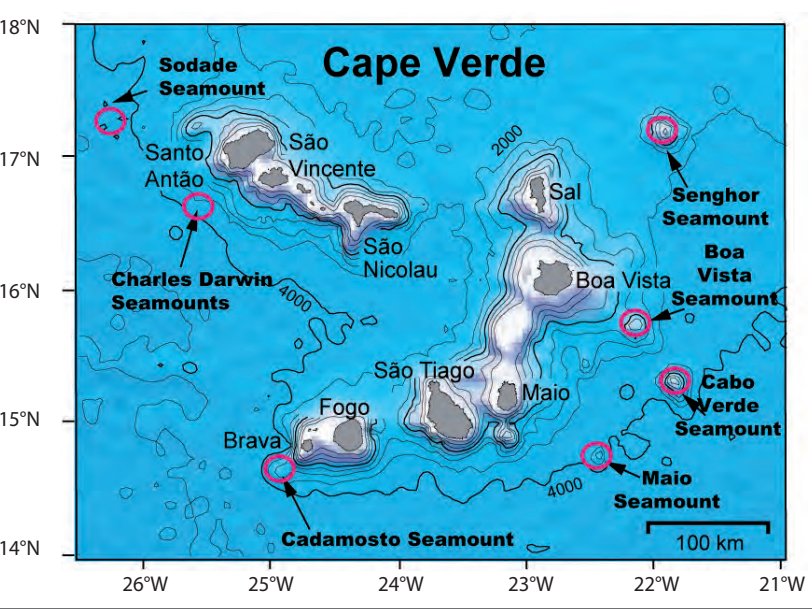
Thor H. Hansteen¹, Ingo Grevenmeyer¹

As Ilhas de Cabo Verde em frente à África Ocidental são, como também os Açores, a Madeira e as Canárias, de origem vulcânica. Por essa razão, também o território subaquático cabo-verdiano oferece um apaixonante campo de estudos para os oceanógrafos de todas especialidades: Durante uma série de expedições com o navio oceanográfico Meteor foram investigadas a constituição geológica e química de vários vulcões submarinos – os assim chamados cumes submarinos¹ - e a biodiversidade nas suas imediações. Em consequência desses estudos de campo, tem surgido desde essa altura um vasto leque de interessantes questões.

Tanto em terra como no território subaquático, é possível determinar claramente o desenvolvimento cronológico do vulcanismo na região das Ilhas de Cabo Verde. A leste, encontram-se vários vulcões antigos, com milhões de anos de idade e já muito erodidos, ao passo que a oeste ainda existe vulcanismo activo. As ilhas mais antigas a leste são o Sal, a Boa Vista e o Maio, dos vulcões activos a oeste fazem parte as ilhas do Fogo, da Brava e de Santo Antão. O vulcões submarinos

mais conhecidos e já apagados e erodidos a leste são os cumes de Senghor^{II}, da Boa Vista, de Cabo Verde e do Maio. Entre os vulcões submarinos activos contam-se os cumes de Cadamosto^{III} e Charles Darwin, assim como o cume recentemente descoberto chamado Sodade. O nosso interesse principal concentra-se nos últimos três vulcões ainda activos que se distinguem fortemente quanto à sua constituição.

O cume do Cadamosto é uma enorme montanha submarina que se ergue de uma profundidade de 4000 metros até uma altura de 1400 metros abaixo da superfície da água. O monte apresenta uma composição rochosa (fonólito) mais invulgar, o que permite concluir que o magma responsável pela sua formação tenha a sua origem em enormes câmaras situadas na crosta terrestre. As rochas vulcânicas da grande erupção explosiva do Cão Grande em Santo Antão apresentam uma composição química muito semelhante à do Cadamosto, o que pode indicar um potencial para violentas erupções submarinas. O Cadamosto é o vulcão de maior actividade sísmica em Cabo Verde e é possível que venha a transformar-



Situação geográfica de proeminentes montes submarinos à volta de Cabo Verde.

Instituições participantes

GEOMAR – Kiel (www.geomar.de):



O objectivo do Centro Helmholtz de Oceanografia em Kiel (GEOMAR) é a promoção da cooperação interdisciplinar em todas as áreas importantes da investigação oceanográfica moderna. A investigação do instituto concentra-se em quatro áreas principais: a circulação oceânica e a dinâmica do clima, a biogeoquímica marinha, a ecologia marinha e a dinâmica do subsolo oceânico. A partir de 2012, o instituto tornar-se-á membro da Associação Helmholtz, sendo financiado pela República Federal e pelo estado federado ("Land") de Eslésvico-Holsácia. O GEOMAR tem cerca de 750 empregados. No âmbito da investigação do Atlântico Tropical, o instituto está a explorar o Observatório Oceanográfico de Cabo Verde (CVOO) assim como um grande número de sistemas ultramodernos de exploração submarina e de águas profundas.

INDP – Mindelo (www.indp.cv):



O Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas (INDP) dedica-se ao estudo do oceano, com atenção especial à pesca no Atlântico Tropical. O seu objectivo é assessorar na tomada de decisões no domínio da política e da economia no sector das pescas, incluindo medidas que visam melhorar as consequências socio-económicas da pesca. Com sede principal no Mindelo, na ilha de São Vicente, e representações nas outras ilhas, o INDP ocupa cerca de 150 colaboradores. A maioria das actividades do INDP advém das cooperações que o instituto mantém a nível nacional e internacional. O INDP coopera estreitamente com o Ministério das Infra-estruturas e Economia Marítima, com prioridade no sector das pescas e na utilização sustentável do meio ambiente marinho.

INMG – Espargos (www.meteo.cv):



O Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG), com sede em Espargos na ilha do Sal, é o órgão promotor, coordenador e gestor das medidas do Governo no domínio da meteorologia, da climatologia e da geofísica. O INMG assegura as observações meteorológicas, climatológicas e geofísicas de longo prazo, promove programas tecnológicos e de investigação, e disponibiliza informações para o público e os tomadores de decisões no domínio da política e da economia.

nio da política e da economia. Actualmente, o instituto conta com cerca de 100 colaboradores. Além de várias estações meteorológicas, o INMG explora, juntamente com a University of York, o MPI-BGC de Jena, o GEOMAR e o IFT de Leipzig, o observatório atmosférico em São Vicente. Os dados recolhidos são disponibilizados regularmente para o Global Atmosphere Watch (GAW) e a World Meteorological Organization (WMO).

IOW – Warnemünde (www.io-warnemuende.de):

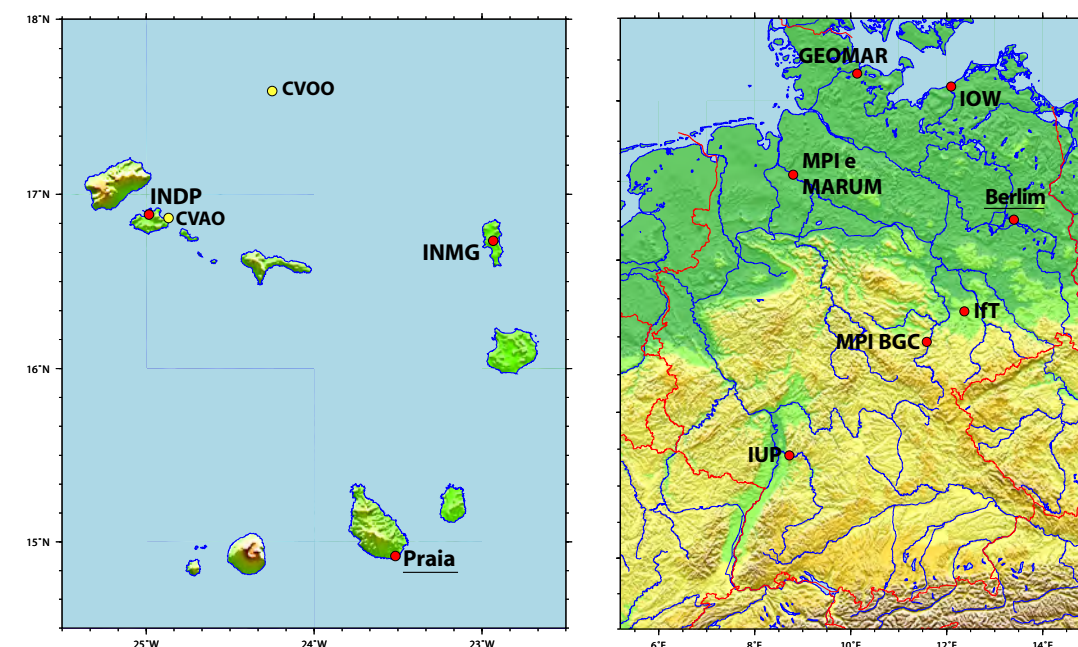


O Instituto Leibniz de Investigação do Mar Báltico em Warnemünde foi refundado em 1992. Hoje, o IOW é membro da Associação Leibniz (WGL). A sua infra-estrutura básica é co-financiada pela República Federal e pelo estado federado ("Land") de Meclemburgo-Pomerânia Ocidental. Actualmente, o IOW tem 218 empregados. O programa de investigação do IOW visa os mares costeiros e marginais, com enfoque especial no ecossistema do Mar Báltico. O IOW dispõe de um laboratório de microscopia electrónica de varrimento e microanálise por raio X, onde se realizam análises de estruturas biogénicas e características morfológicas, reconstrução de caminhos de transporte com base em minerais terrígenos, regeneração de partículas e identificação de minerais em amostras de sedimentos.

IUP – Heidelberg (www.iup.uni-heidelberg.de):



O Instituto de Física Ambiental (IUP) da Universidade de Heidelberg foi fundado em 1975, estando actualmente subdividido nas áreas de física e química atmosférica e sistemas terrestres e aquáticos. Na área da física, investigam-se os processos de transporte e de mistura, assim como a transformação de matéria dentro de sistemas ambientais singulares, e o intercâmbio entre eles. Prioridades especiais de investigação são a atmosfera, o solo e o ciclo hidrológico. Além disso, é investigado o acoplamento entre o solo, a atmosfera e o efeito estufa com o as suas consequências no sistema da terra. Actualmente, o instituto ocupa cerca de 150 colaboradores. A entidade detentora é o estado federado ("Land") de Bade-Vurtemberg.



IFT – Leipzig (www.tropos.de):



A área de trabalho do Instituto Leibniz de Investigação da Troposfera (IFT) abrange a investigação do estado e das características da troposfera, nomeadamente nas regiões poluídas pela acção antropogénica. Os trabalhos estão divididos nos seguintes temas principais: 1. Evolução, transporte e distribuição espaço-temporal do aerossol troposférico. 2. Influência do aerossol troposférico nas nuvens e na radiação. 3. Processos químicos em sistemas multi-faseados da troposfera. O Instituto Leibniz é co-financiado em 50% pela República Federal e pelo estado federado ("Land") da Saxónia. Actualmente, o instituto tem 140 empregados. O IFT mantém filtros de aerossóis em Cabo Verde, realizando medições ópticas de aerossóis no observatório atmosférico de São Vicente. Além disso, o IFT detém a presidência do grupo de trabalho para a África junto do Consórcio Climático Alemão (DKK).

MARUM - Bremen (www.marum.de):



O Centro de Ciências Ambientais Marinhas (MARUM) em Bremen reúne o centro de pesquisa da Associação Alemã de Investigação (DFG) e o cluster de excelência "O oceano no sistema da Terra". Com métodos ultramodernos, e integrado em projectos internacionais, o MARUM está a descodificar o papel do oceano no sistema da Terra, especialmente com vista à mudança global. O MARUM quantifica as interações entre processos geológicos e biológicos no mar e fornece informações para uma utilização sustentável dos oceanos. Em complemento das actividades científicas primárias, existe uma infra-estrutura de investigação. O MARUM dispõe de um parque de aparelhos modernos para pesquisas no oceano profundo que está em desenvolvimento permanente, fazendo parte dele um perfurador de águas profundas, veículos submarinos operados remotamente e um veículo submarino autónomo.

MPI - Bremen (www.mpi-bremen.de):



Sob o tecto da Sociedade Max Planck, mais de 200 colaboradores das secções de biogeoquímica, microbiologia e ecologia molecular do Instituto de Microbiologia Marinha de Bremen estão a investigar os micro-organismos e seus habitats no mar. Os cientistas estão a contribuir para uma melhor compreensão dos micro-organismos envolvidos nos ciclos do nitrogénio e do carbono. As ilhas de Cabo Verde constituem um campo de trabalho ideal para essa investigação, uma vez que nas suas águas os micro-organismos responsáveis pelo metabolismo do carbono e do nitrogénio existem quase permanentemente, e as condições assemelham-se aos nichos no mar aberto. Os cientistas analisam esses processos com os métodos mais recentes a nível da engenharia genética, microbiologia e geoquímica, assim como por espectrometria de massa por nano-ionização secundária (nanoSIMS), análises quantitativas de genética molecular, incubação de isótopos estáveis e análises de nutrientes.

MPI BGC - Jena (www.bgc-jena.mpg.de):



Desde 1997, o Instituto Max Planck de Biogeoquímica (MPI Jena) dedica-se à investigação básica interdisciplinar dos ciclos de matéria globais no sistema da Terra e dos processos biológicos, químicos e físicos envolvidos neles. O instituto tem cerca de 150 colaboradores. Os cientistas estão a analisar a complexa interacção entre organismos do solo, vegetação e uso da terra, e os gases de efeito estufa, a fim de compreender melhor os mecanismos de regulação do clima e poder apoiar a elaboração de prognósticos para cenários climáticos futuros. Desde há vários anos, o instituto realiza medições de rotina numa torre de medição com 30 metros de altura no CVAO de São Vicente.

Transferência de competência e ciência



Desde o início, na cooperação de investigação com Cabo Verde deu-se grande importância àquilo que com frequência é intitulado “capacity building”, isto é, à transferência de competência e de conhecimento. Uma cooperação vivaz a longo prazo só poderá ter êxito com base numa parceria de igual para igual. Para criar os pressupostos para isso numa frente ampla, o GEOMAR e a Universidade Christian-Albrechts-Universität de Kiel já realizaram, juntamente com parceiros cabo-verdianos, no âmbito dos projectos da NaT-Working Oceanografia, do programa conjunto “Outreach” das áreas de investigação especializadas 574 e 754, e do cluster de excelência “Oceano do futuro”, os primeiros projectos com alunos de escolas secundárias e estudantes universitários.

Projectos escolares com Cabo Verde

Joachim Dengg¹, Ivanice Monteiro², Wilfried Wentorf³, Artemisia Duarte Lopes⁴

No âmbito do programa conjunto “Outreach” das áreas de investigação especializadas 574 e 754 do GEOMAR, estão a ser criadas relações entre escolas na Alemanha e em Cabo Verde, para destacar a importância da cooperação internacional a nível das geociências. Em Cabo Verde, o Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas (INDP) convidou escolas locais do Mindelo para participar nos primeiros projectos comuns concentrados na distribuição e frequência das espécies marinhas, e nas concentrações de nutrientes e poluentes nas águas à volta da ilha de São Vicente. Medições semelhantes estão a ser realizadas por alunos da escola Heinrich-Heine-Schule em Heikendorf no fiorde de Kiel. O objectivo mais abrangente é a comparação dos resultados obtidos em ambas as localizações num sítio da internet comum chamado “O mar à nossa porta”. Para encaminhar esse projecto, uma pequena comitiva composta por alunos e um professor de Heikendorf foi visitar, em Fevereiro de 2011, a Escola

Salesiana no Mindelo. Com o apoio do INDP, da Universidade de Cabo Verde e do GEOMAR, foram organizadas excursões com alunos alemães e cabo-verdianos para treinar os métodos de medição em diferentes localizações de São Vicente e no laboratório. Está previsto que as medições continuem a ser realizadas regularmente tanto no Mindelo como em Kiel. Em Novembro de 2009, alunos alemães e cabo-verdianos tiveram pela primeira vez a possibilidade de participar juntos numa expedição de investigação do navio oceanográfico Maria S. Merian no Atlântico equatorial.

¹ GEOMAR, Kiel, Alemanha

² INDP, Mindelo, Cabo Verde

³ Heinrich-Heine Schule, Heikendorf, Alemanha

⁴ Escola Salesiana, Mindelo, Cabo Verde

A Floating University 2008 de visita ao INDP e ao TENATSO

Joanna Waniek¹

Uma ciência moderna requer um ensino moderno! Por esse motivo, foi criada a “Floating University – Surface ocean properties of different biogeochemical provinces of the Northeast Atlantic”. A expedição MSM 08/2 do navio oceanográfico Maria S. Merian constituiu o âmbito científico para a Floating University 2008, realizada pela Dra. J. Waniek (IOW) para diplomandos, doutorandos e pos-doutorandos de diferentes cursos de ciências de universidades europeias, após um concurso internacional e financiada pela EUR-OCEANS. Condição prévia para a participação foi a apresentação de um pequeno projecto de investigação com um tema orientado na questão colocada pela iniciativa EUR-OCEANS. Durante a viagem do Mindelo para Emden, os estudantes participantes provenientes de Polónia, Suécia, Portugal, Inglaterra, Cabo Verde e Alemanha tiveram a oportunidade de realizar um intenso programa de investigação sob a instrução de cientistas experientes.

¹ IOW, Rostock-Warnemünde, Alemanha

Contactos / Impressum

Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
Düsternbrooker Weg 20, D-24105 Kiel
Prof. Arne Körtzinger
akoertzinger@geomar.de
Telefone: +49 431 600 4200

Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V.
Permoserstraße 15, D-04318 Leipzig
Prof. Hartmut Herrmann
hartmut.herrmann@tropos.de
Telefone: +49 341 235 2446

Max-Planck-Institut für Biogeochemie
Hans-Knöll-Str. 10, D-07745 Jena
Prof. Martin Heimann
martin.heimann@bgc-jena.mpg.de
Telefone: + 49 3641-576350 / 576301

Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie
Celsiusstr. 1, D-28359 Bremen
Dr. Marcel Kuypers
mkuypers@mpi-bremen.de
Telefone: + 49 421 2028 – 602

Institut für Umweltphysik Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 229, D-69120 Heidelberg
Prof. Ulrich Platt
ulrich.platt@iup.uni-heidelberg.de
Telefone: + 49 6221-54-6339

Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas
Cova de Inglesa, Mindelo, C. P. 132, Ilha de São Vicente, Cabo Verde
Dr. Óscar Melício
oscar.melicio@indp.gov.cv
Telefone: +238 2321374

Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica
Espargos, C. P. No. 76, Ilha do Sal, Cabo Verde
Dr. Ester Araújo de Brito,
ester.brito@inmg.gov.cv
Telefone: + 238 2 411 276

Institut für Ostseeforschung Warnemünde
Seestraße 15, D-18119 Rostock
Dr. Joanna Waniek
joanna.waniek@io-warnemuende.de
Telefone: + 49 381 5197 300

Zentrum für Marine Umweltwissenschaften, MARUM
Leobener Straße, D-28359 Bremen
Dr. Gerhard Fischer
gerhard.fischer@uni-bremen.de
Telefone: +49 421 218 65080

Impressum
Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
GEOMAR
Wischhofstraße 1-3
24148 Kiel
Direitos autorais: 2012, GEOMAR
www.geomar.de

Redacção & Concepção
Arne Körtzinger, GEOMAR
Cordula Zenk, GEOMAR

Layout & Design
Silvana Schott, MPI BGC Jena

Tradução
Barbara Mesquita (www.barbaramesquita.com);
Cordula Zenk, GEOMAR;
Ivanice Monteiro, INDP; Vanda Monteiro, INDP; Carlos Santos, INDP; Péricles Silva, INDP; Nuno Vieira, INDP

Impressão
Druckhaus Gera GmbH www.druckhaus-gera.de

Índice das figuras

Capa da frente: NASA, Douglas Wallace, Maija Heller, p. 4/5: Johannes Lampel, GEBCO, www.gebco.net, p. 6/7: Christian Müller, Hermann Bange, Folkard Wittrock, Birgit Quack, p. 8/9: Thomas Müller, Thomas Müller, Thomas Müller, Johannes Lampel, p. 10/11: Joanna Waniek, Andrea Bauer, Ines Hand, Joanna Waniek, NASA, p. 12/13: Victor Stiebens, Victor Stiebens, Sonia Merino, Christophe Eizaguirre, Christophe Eizaguirre, p. 14/15: Björn Fiedler, Björn Fiedler, Péricles Silva, Johannes Lampel, p. 16/17: Gerd Krahmann, Mario Müller, Mario Müller, Mario Müller, Gerd Krahmann, p. 18/19: Mario Müller, Johannes Karstensen, Arne Körtzinger, Johannes Karstensen, p. 20/21: Rachel Foster, Andreas Krupke, Andreas Krupke, Julie LaRoche, p. 22/23: Richard Young, Uwe Piatkowski, Björn Kurtenbach, François Seguin, p. 24/25: Ricardo Ramalho, Ricardo Ramalho, Thor Hansteen, ROV Kiel 6000, GEOMAR, ROV Kiel 6000, GEOMAR, p. 26/27: Wilhelm Weinrebe, Wilhelm Weinrebe, p. 28/29: Reinhold Hanel, Nidia Silva, Péricles Silva, Central de Comando Meteor/Merian, Péricles Silva, Norbert Verch (Central de Comando), Thor Hansteen, Armand Spencer, p. 30/31: Joachim Dengg, Capa traseira: NASA, Wiebke Mohr.

Kiel, em Março de 2012

Uma iniciativa do Centro Helmholtz de Oceanografia em Kiel.



Cabo Verde - Centro de investigação científica

Um laboratório fascinante para oceanógrafos e
investigadores da atmosfera

